



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

ANÁLISE DA CONFORMAÇÃO COM BASE EM MÉTODOS OBJETIVOS NO CAVALO PURO SANGUE LUSITANO

ANDRÉ MANUEL CORDEIRO DE OLIVEIRA SANTANA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutor Victor Manuel Diogo Oliveira Alves

Doutor Luís Lavadinho Telo da Gama

Doutora Maria Rita Martins Garcia da Fonseca

ORIENTADOR

Doutor Luís Lavadinho Telo da Gama

2017

LISBOA



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

ANÁLISE DA CONFORMAÇÃO COM BASE EM MÉTODOS OBJETIVOS NO CAVALO PURO SANGUE LUSITANO

ANDRÉ MANUEL CORDEIRO DE OLIVEIRA SANTANA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutor Victor Manuel Diogo Oliveira Alves

Doutor Luís Lavadinho Telo da Gama

Doutora Maria Rita Martins Garcia da Fonseca

ORIENTADOR

Doutor Luís Lavadinho Telo da Gama

2017

LISBOA

AGRADECIMENTOS

À minha família por todo o apoio ao longo destes anos.

À Inês, por ter estado sempre ao meu lado, por todo o amor e amizade.

Aos colegas Ana Sá, Domingues, Fogaça, Susana, Marlene, Diogo, Sónia, Gomes e Neves que tornaram estes 5 anos de faculdade impecáveis.

Ao meu orientador, o Professor Doutor Luís Telo da Gama por tudo o que me ensinou, ajuda e disponibilidade.

À professora Rita Fonseca e Dr. António Farrim pela disponibilidade e ajuda no contacto com as instituições.

Ao Sr. Dr. Paulo Cadoso (diretor da Escola Portuguesa de Arte Equestre), Sr. Eng. António Saraiva (presidente da Companhia das lezírias), Eng. Francisco Perestrello (Companhia das Lezírias) e Eng. Francisco Beja (Coudelaria de Alter Real) por permitirem a utilização das suas instalações, como dos seus cavalos.

Aos funcionários da Companhia das Lezírias, EPAE e Coudelaria de Alter Real por toda a ajuda prestada.

RESUMO

Análise da conformação com base em métodos objetivos no cavalo Puro Sangue Lusitano

A raça Puro Sangue Lusitano (PSL) tem vindo a demonstrar ao longo dos anos a sua versatilidade, comprovada pelos seus resultados em disciplinas equestres tão díspares como Saltos de Obstáculos, Equitação de Trabalho, Tauromaquia, Atrelagem e *Dressage*. Em equinos, a conformação pode ser considerada um indicador da capacidade atlética, nível de performance e resistência à doença ortopédica, e a avaliação da conformação é normalmente um dos primeiros critérios de seleção.

Este trabalho foi realizado numa amostra de 51 cavalos PSL (38 machos e 13 fêmeas) de diversas coudelarias (41 Alter Real, 7 Companhia das Lezírias e 3 de outras coudelarias) com idades compreendidas entre os 4 e os 30 anos. Os objetivos foram a avaliação da conformação através de medidas lineares, ângulos e razões, comparando dois métodos de medição (clássico e fotométrico). Estudou-se a influência da idade, género e origem nas variáveis estudadas, bem como as relações destas entre si e com os itens de classificação morfológica (avaliação subjetiva).

Algumas características incluídas no padrão da raça PSL podem ser avaliadas facilmente por métodos de avaliação objetivos, mas caso não seja possível cumprir a padronização necessária para a aplicação do método fotométrico, é preferível a aplicação do método clássico mais moroso, mas mais fácil de aplicar.

No futuro, pretende-se encontrar indicadores precoces do potencial do animal, que possam ser utilizados no programa de seleção da raça.

Palavras chave: Cavalo Lusitano, Medidas corporais, Ângulos, Razões, Fotografia, Conformação.

ABSTRACT

Conformation analysis based on objective methods on the Purebred Lusitano horse

The Puro Sanguê Lusitano (PSL) has demonstrated over the years its versatility, proven by the results achieved in diverse equestrian disciplines such as Show Jumping, Working Equitation, Bullfighting, Driving and *Dressage*. In horses, conformation can be considered an indicator of athletic ability, performance level and resistance to orthopedic disease, and conformation assessment is usually one of the first selection criteria.

This work was carried out on a sample of 51 PSL horses (38 males and 13 females) from several stud farms (41 Alter Real, 7 Companhia das Lezírias and 3 from other stud farms) aged between 4 and 30 years. The objectives were to evaluate the conformation through linear measurements, angles and ratios, comparing two measurement methods (classical and photometric). The influence of age, gender and origin on the studied variables was investigated, as well as their relationship with each other and with the items of morphological classification (subjective evaluation).

Some characteristics included in the PSL breed standard can easily be evaluated by objective evaluation methods. However, if it is not possible to ensure the standardization required for the application of photometric method, it is better to apply the longer, but easier to apply classical method. In the future, we intend to find early indicators of the potential of the animal, which can be used in the breed selection program.

Key words: Lusitano Horse, Body measurements, Angles, Ratios, Photography, Conformation.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABELAS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	viii
I – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO	1
II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1. O cavalo doméstico	2
1.1. Taxonomia	2
1.2. A evolução dos equídeos	4
1.3. A Domesticação	5
1.4. Anatomia e conformação	6
1.5. A Produção Equina em Portugal	11
2. Conformação	12
2.1. O estudo da conformação	12
2.2. Quantificação da conformação	15
2.2.1. Avaliação subjetiva da conformação	17
2.2.2. Avaliação objetiva da conformação	19
2.2.2.1. Manual	20
2.2.2.2. Fotografia	21
2.2.2.3. Vídeo	22
2.3. Heritabilidade e Correlação genética das avaliações subjetivas e objetivas	23
2.4. Conformação, Performance e Saúde	24
3. O cavalo Lusitano	27
3.1. Dados biométricos do cavalo Puro Sangue Lusitano	35
III – ANÁLISE DA CONFORMAÇÃO COM BASE EM MÉTODOS OBJETIVOS NO CAVALO PURO SANGUE LUSITANO	38
1. Objetivos	38
2. Material e métodos	38
2.1. Material animal	38
2.2. Métodos	39
2.2.1. Recolha de dados	39
2.2.2. Medidas Biométricas	41
2.2.2.1. Medidas lineares	41
2.2.2.2. Ângulos	44
2.2.2.3. Razões	45
2.2.3. Classificação morfológica	47
2.2.4. Análise estatística	47

3. Resultados	49
3.1. Avaliação objetiva da conformação do cavalo Puro Sangue Lusitano	49
3.1.1. Método clássico	49
3.1.1.1. Análise descritiva.....	49
3.1.1.1.1. Medidas lineares.....	49
3.1.1.1.2. Razões.....	50
3.1.1.2. Efeito da idade, género e origem.....	52
3.1.1.2.1. Medidas lineares.....	52
3.1.1.2.2. Razões.....	54
3.1.2. Método fotométrico	56
3.1.2.1. Análise descritiva.....	56
3.1.2.1.1. Medidas lineares.....	56
3.1.2.1.2. Ângulos.....	57
3.1.2.1.3. Razões.....	59
3.1.2.2. Efeito da idade, género e origem nos ângulos obtidas pelo Método Fotométrico..	60
3.1.2.2.1. Ângulos.....	60
3.2. Classificação morfológica e relação com medidas objetivas	61
3.3. Comparação das medidas lineares obtidas pelo método clássico e fotométrico.....	64
3.3.1. Diferenças – Análise descritiva	64
3.3.2. Análise de concordância entre os dois métodos.....	65
4. Discussão.....	69
4.1. Avaliação objetiva da conformação do cavalo Puro Sangue Lusitano	69
4.2. Avaliação subjetiva da conformação do cavalo Puro Sangue Lusitano – Dados morfológicos	83
4.3. Comparação das medidas lineares obtidas pelo método clássico e fotométrico.....	84
5. Conclusão	90
IV – BIBLIOGRAFIA.....	92
V – ANEXOS	100
Anexo 1 – Resumo da comunicação em painel realizada X Congresso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animais de 15 a 17 de Setembro de 2016 em Castelo Branco	100
Anexo 2 – Comunicação em painel realizada no X Congresso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animais de 15 a 17 de Setembro de 2016 em Castelo Branco.....	101
Anexo 3 – Modelo da folha de registo utilizado na recolha de dados pelo Método Clássico	102
Anexo 4 – Histogramas dos itens de classificação morfológicos	103
Anexo 5 – Efeito da idade, género e origem nos itens de classificação morfológicos.....	104
Anexo 6 – Estatística descritiva das medidas lineares obtidas pelo Método Clássico para os cavalos utilizados na comparação de métodos de medição	104
Anexo 7 – Limites de Concordância das medidas lineares.....	105
Anexo 8 – Coeficientes de correlação das distribuições dos diagramas de Bland e Altman	105
Anexo 9 – Percentagem de sobrestimação e subestimação para cada medida linear.	106
Anexo 10 – Intervalos de confiança para d de cada medida linear.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Pintura rupestre da gruta de Lascaux, em França, com cerca de 15 000 anos	5
Figura 2 – Estrutura óssea do cavalo doméstico. Principais ossos acompanhados pelo contorno exterior.....	6
Figura 3 – Ossos e acidentes ósseos do membro torácico (A) e pélvico (B) acompanhado com o contorno externo.	7
Figura 4 – Regiões da morfologia externa do cavalo.....	8
Figura 5 – Evolução anatómica da extremidade do membro dos equídeos.....	9
Figura 6 – Linhas de aprumo de avaliação da conformação dos membros torácico (A e B) e pélvico (C e D).....	10
Figura 7 – Representação esquemática de características conformacionais.....	11
Figura 8 – Estudo das medidas lineares no cavalo barroco Espanhol por Bourgelat.....	20
Figura 9 – Instrumentos de medição	21
Figura 10 – Cavalo preparado para a fotografia.	21
Figura 11 – Diagrama do cavalo após projeção.	21
Figura 12 – Principais defeitos de conformação do membro torácico e pélvico	25
Figura 13 – Diagrama de registo do Puro Sangue Lusitano.	32
Figura 14 – Evolução das contribuições genéticas dos 10 principais ascendentes da raça Puro Sangue Lusitano nos últimos 30 anos em períodos de 5 anos.....	35
Figura 15 –Recolha de dados através do software ImageJ	40
Figura 16 – Representação esquemática das medidas lineares recolhidas.....	43
Figura 17 – Representação esquemática das medidas lineares recolhidas).	43
Figura 18 – Representação esquemática dos ângulos recolhidas.....	44
Figura 19 – Diagramas de Bland e Altman referentes às medidas lineares.	65
Figura 20 – Percentagem de erro dos limites de concordância para cada medida linear.	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Espécies e subespécies vivas do género Equus, nome comum, número de cromossomas e estado de conservação.	3
Tabela 2 – Implementação da avaliação linear.	18
Tabela 3 – Parâmetros avaliados e respetivos coeficientes.	28
Tabela 4 – Padrão da raça Puro Sangue Lusitano.	29
Tabela 5 – Medidas lineares em centímetros do Puro Sangue Lusitano.	36
Tabela 6 – Distribuição por género e origem dos animais em estudo.	38
Tabela 7 – Distribuição por idade e género dos animais em estudo	39
Tabela 8 – Definição das medidas lineares estudadas pelo método clássico e fotométrico.	41
Tabela 9 – Estatísticas descritivas e p-value do teste normalidade para as medidas lineares obtidas pelo método clássico.	49
Tabela 10 – Estatística descritiva, p-value do teste normalidade e percentagem de cavalos com valor igual, acima e abaixo do valor de proporção (P) das razões obtidas pelo método clássico.	51
Tabela 11 – Estudo do efeito da idade, género e origem nas medidas lineares obtidas pelo método clássico.	52
Tabela 12 – Estudo do efeito da idade, género e origem nas razões obtidas pelo método clássico. .	54
Tabela 13 – Estatística descritiva e p-value do teste normalidade das medidas lineares obtidas pelo método fotométrico.	56
Tabela 14 – Estatística descritiva e p-value do teste de normalidade dos ângulos obtidos pelo método fotométrico.	57
Tabela 15 – Coeficientes de correlação de Pearson entre ângulos (número de observações entre parenteses).	57
Tabela 16 – Medidas lineares e razões com coeficientes de correlação de Pearson significativos com os ângulos	58
Tabela 17 – Estatística descritiva, p-value do teste de normalidade e percentagem de cavalos com valor igual, acima e abaixo do valor de proporção ideal (P) das razões obtidas pelo método fotométrico.	59
Tabela 18 – Estudo do efeito da idade, género e origem nos ângulos obtidos pelo método fotométrico.	60
Tabela 19 – Estatísticas descritivas e p-value do teste de normalidade dos itens de classificação morfológica.	61
Tabela 20 – Coeficientes de correlação de Pearson entre itens de classificação morfológica	62
Tabela 21 – Medidas lineares, razões e ângulos com coeficientes de correlação de Pearson significativos com os itens de classificação morfológicos.	63
Tabela 22 – Estatística descritiva, p-value do teste de normalidade e erro de estimação para o valor de diferença entre o método clássico e fotométrico para cada medida linear.	64
Tabela 23 – Ângulos em diferentes raças de cavalos.	80

LISTA DE ABREVIATURAS

ABOL	Altura ao Boleto
ACAU	Altura à inserção da Cauda
ACOD	Altura ao Codilho
ACUR	Altura ao Curvilhão
ADOR	Altura a meio do Dorso
AGARR	Altura ao Garrote
AGARU	Altura à Garupa
AJOE	Altura ao Joelho
APEI	Altura do Peito
APSL	Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano
AVAZ	Altura do Vazio Subesternal
CANT	Comprimento do Antebraço
CBRA	Comprimento do Braço
CCAB	Comprimento da Cabeça
CCAN	Comprimento da Canela
CCOR	Comprimento do Corpo
CESP	Comprimento da Espádua
CGAR	Comprimento da Garupa
CPES	Comprimento do Pescoço
CV	Coeficiente de Variação
DNA	Ácido desoxirribonucleico, do inglês <i>DeoxyriboNucleic Acid</i>
ECAB	Espessura da Cabeça
KWPN	do holandês <i>Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland</i>
LCAB	Largura da Cabeça
LG	Livro Genealógico
LGAR	Largura da Garupa
LPEI	Largura do Peito
Ma	Milhões de anos
MC	Método Clássico
MF	Método Fotométrico
PE	Percentagem de Erro
PEANT	Perímetro do Antebraço
PEBOL	Perímetro do Boleto
PECAN	Perímetro da Canela
PECUR	Perímetro do Curvilhão
PEJOE	Perímetro do Joelho
PEPES	Perímetro do Pescoço
PETOR	Perímetro Torácico

PFGAR	Profundidade da Garupa
PRE	Pura Raza Española
PSL	Puro Sangue Lusitano
S_PN	Distância da Soldra à Ponta da Nádega
SPJCB	Somatório dos Perímetros do Joelho, Canela e Boleto

I – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO

Inicialmente, surgiu a oportunidade de desenvolver o meu estágio na coudelaria de Rio Frio com o objetivo de desenvolver um plano de seleção para a aptidão desportiva do seu efetivo. Por motivos alheios, não me foi possível concluir o trabalho iniciado. Ainda assim, durante este período, desenvolvi, através de pesquisa bibliográfica, para posterior aplicação um teste de avaliação cardiovascular, tabelas de avaliação da conformação e teste de qualidade de salto e andamentos. Realizei ainda o levantamento da consanguinidade do efetivo, teste de qualidade de salto em poldros ao desmame e levantamento de resultados desportivos do efetivo.

Como alternativa de realização da dissertação de mestrado, surgiu a oportunidade de estudar a aplicação de métodos objetivos de avaliação da conformação/morfologia no Puro Sangue Lusitano (PSL), avaliando 31 medições lineares e 6 ângulos num conjunto de 51 animais. Procedi assim à recolha de dados morfológicos em cavalos PSL em três localizações: Companhia das Lezírias, Coudelaria de Alter Real e Escola Portuguesa de Arte Equestre. Os dados recolhidos são referentes a medições efetuadas diretamente nos cavalos e a fotografias para posterior tratamento de imagem.

Durante a execução do trabalho para esta dissertação de mestrado foram apresentados os resultados referentes aos ângulos estudados no X Congresso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animais de 15 a 17 de Setembro de 2016 em Castelo Branco (Anexo 1 e 2), apresentado em forma de painel e com o título Análise da Conformação no Cavalo Puro Sangue Lusitano: Ângulos.

II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. O cavalo doméstico

1.1. Taxonomia

Na taxonomia estabelecida por Carl Linnaeus, os cavalos domésticos são classificados como (Bailey & Brooks, 2013):

Reino: *Animalia*
Filo: *Vertebrata*
Classe: *Mammalia*
Ordem: *Perissodactyla*
Família: *Equidae*
Gênero: *Equus*
Espécie: *E. ferus*
Subespécie: *E. f. caballus*

Os Perissodáctilos são mamíferos herbívoros de médio a grande porte, placentários, ungulados, com número ímpar de dedos entre eles encontram-se os cavalos, rinocerontes e tapires (Hickman et al., 2008), pertencentes respectivamente às famílias *Equidae*, *Rhinocerotidae* e *Tapiridae*. A família *Equidae* é a única que possui espécies que foram alvo de domesticação (Clutton-Brock, 1987 em Oom, 1992; Henner, 1990 em Oom, 1992). Atualmente, os membros desta família pertencem todos ao gênero *Equus* (Bailey & Brooks, 2013), existindo sete espécies vivas (American Museum of Natural History [AMNH]a).

Ao gênero *Equus* estão associadas diversas espécies (tabela 1), que surgiram devido a longos períodos de isolamento de populações de equídeos no final do Pleistoceno, estas podem ser agrupados em quatro grupos principais: os cavalos (*Equus f. przewalskii* e *E. f. caballus*), os burros africanos (*E. africanus somaliensis* e *E. a. asinus*), os burros selvagens asiáticos (*E. hemionus* e *E. kiang*) e as zebras (*E. quagga*, *E. zebra*, *E. grevyi*). Cruzamentos entre espécies são possíveis, mas os híbridos resultantes são normalmente estéreis (McGreevy, 2004). Apesar das semelhanças, cada espécie evoluiu separadamente, adaptando-se a diferentes regiões do mundo. Consequentemente, apresentam comportamentos, características físicas e atributos genéticos únicos (Bailey & Brooks, 2013).

Entre as diferentes espécies pertencentes ao gênero *Equus*, a morfologia e número de cromossomas diferem (tabela 1), o que não ocorre entre todas as famílias de mamíferos. Por exemplo, quase todos os membros da família *Felidae* têm 38 cromossomas, desde os leões aos gatos. Para o gênero *Equus*, o número de cromossomas é característico para a maioria das espécies (Bailey & Brooks, 2013).

Tabela 1 – Espécies e subespécies vivas do género *Equus*, nome comum, número de cromossomas e estado de conservação. (adaptado de Bailey & Brooks, 2013)

Espécie	Nome comum	Nº cromossomas (2n)	Estado de conservação
Cavalos			
<i>E. ferus przewalskii</i>	Cavalo de Przewalski	66	Em perigo (2015)
<i>E. f. caballus</i>	Cavalo doméstico	64	Não aplicado
Burros africanos			
<i>E. africanus somaliensis</i>	Burro da Somália	62-64	Criticamente em perigo (2015)
<i>E. a. asinus</i>	Burro doméstico	62	Não aplicado
Burros asiáticos selvagens			
<i>E. hemionus onager</i>	Onagro persa ou burro asiático	55, 56	Em perigo (2015)
<i>E. h. kulan</i>	Kulan	54, 55	Em perigo (2016)
<i>E. kiang</i>	Kiang ou burro selvagem do Tibete	54, 52	Pouco preocupante (2015)
Zebras			
<i>E. grevyi</i>	Zebra de Grevy	46	Em perigo (2016)
<i>E. quagga burchellii</i>	Zebra de planície de burchell	44	Quase ameaçada (2016)
<i>E. zebra hartmannae</i>	Zebra de montanha de Hartmann	32	Vulnerável (2008)

A extinção de subespécies de equídeos tem ocorrido nos últimos séculos. Entre elas uma subespécie de Zebra de planície, a quaga (*Equus quagga quagga*) que tinha o seu habitat na África do Sul e foi dada como extinta em 1984. Anteriormente, durante o século XIX extinguiu-se o cavalo Tarpan (*Equus ferus ferus*), o ancestral selvagem do cavalo doméstico que vivia nas florestas europeias (Orlando, 2015). Hoje em dia, com as exceções do cavalo e burro doméstico, diversas subespécies encontram-se sob ameaça de extinção (Tabela 1) variando os níveis de ameaça entre pouco preocupante e criticamente em perigo. O cavalo Przewalski foi declarado extinto na natureza desde 1960 até 1996 e desde 2011 passou para um estado de conservação menos grave, estando agora em perigo, tendo sido reintroduzido na Mongólia (The IUCN Red List of Threatened Species, 2016).

1.2. A evolução dos equídeos

Os primeiros membros da família *Equidae* apareceram na América do Norte no início do Eoceno há 55 milhões de anos (Ma) (AMNHb). As características que normalmente se atribuem a um equídeo como o grande porte, membros compridos e andarem sobre um único dedo, evoluíram gradualmente desde o ancestral, o *Hyracotherium*, que não era maior que um cão pequeno com peso estimado de aproximadamente 25 Kg (MacFadden, 1986), com membros anteriores com quatro dedos e membros posteriores com três dedos (Orlando, 2015).

No fim do Eoceno e início do Oligoceno (entre 40 e 30 Ma atrás) o *Meshippus* era o equídeo mais comum. Este era pequeno (aproximadamente 50 Kg (MacFadden, 1986)), tinha três dedos e os dentes evoluíram de forma a estarem adaptados para cortar folhas (AMNHb).

Durante o Mioceno (entre 25 e 5 Ma atrás) a diversidade na América do Norte disparou, coabitando equídeos que pastavam, que comiam folhas de árvores e que tinham uma alimentação mista (MacFadden, 2005). Há cerca de 18 Ma, apareceu o *Merychippus* que foi o primeiro a apresentar características similares ao cavalo moderno, os seus dedos (II e IV) eram significativamente mais pequenos e os membros mais longos e finos. O *Merychippus* foi o primeiro a adaptar-se a viver em grandes pastagens. A meio do Mioceno pelo menos doze espécies coexistiam apresentando diferentes tamanhos e provavelmente diferentes dietas e comportamentos que permitiram a sua coexistência (AMNHb). É durante este período que ocorrem as primeiras migrações para o “velho mundo”, primeiro o *Anchitherium* no início do Mioceno (MacFadden, 2005) e há cerca de 12 Ma o *Hipparion*, que com a exceção dos três dedos era parecido com o cavalo atual (Orlando, 2015).

Há 9 Ma todos os equídeos que se alimentavam à base de folhas de árvores estavam extintos e muitas mais espécies extinguíram-se até ao final do Mioceno (há cerca de 5 Ma), o género *Equus* persistiu até ao final da última idade do gelo (AMNHb).

Estudos com base em DNA mitocondrial indicam que a divisão em dois ramos dentro do género *Equus*, ocorreu há cerca de 3 Ma na América do Norte, dando um origem aos cavalos e o outro às zebras e burros (Oakenfull, Lim & Ryder, 2000). No entanto, há dez mil anos, todos os equídeos da América do Norte se encontravam extintos possivelmente devido a mudanças climáticas e caça intensiva por parte do Homem primitivo (MacFadden, 2005). Antes da extinção na América do Norte, alguns exemplares do género *Equus* migraram pelo que é agora o estreito de Bering (Monteiro, 1983) para a Eurásia continuando assim a evolução no “velho mundo”, onde as extensas florestas criaram pastagens isoladas nas quais diferentes populações de equídeos se reproduziram e evoluíram (McGreevy, 2004; Oom, 1992).

1.3. A Domesticação

As pinturas rupestres, ilustrando a caça de cavalos selvagens, encontradas em cavernas em Espanha e França com aproximadamente 15 000 anos (figura 1), são os registos mais antigo da utilização do cavalo (Clutton-Brock, 1992 em Goodwin, 1999).

Figura 1 – Pintura rupestre da gruta de Lascaux, em França, com cerca de 15 000 anos. (fonte: <http://www.historytoday.com/richard-cavendish/lascaux-cave-paintings-discovered>)

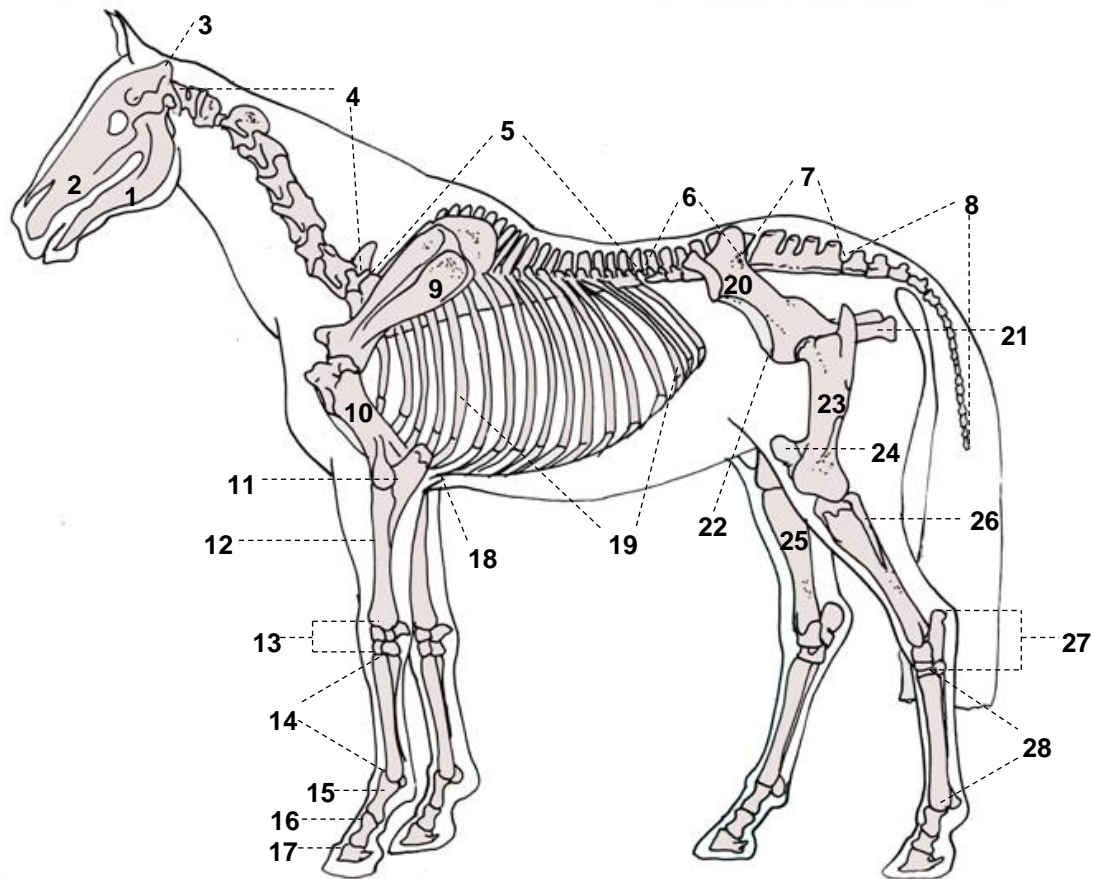


Não é ainda consensual a origem das diversas raças domésticas de *Equus f. caballus* (Oom, 1992) mas, a domesticação iniciou-se, muito provavelmente, a partir de um exemplar semelhante ao cavalo selvagem de Przewalski (*E. f. przewalskii*) (MacFadden, 2005). Estudos genéticos com base em DNA mitocondrial, revelaram uma grande diversidade de linhas maternas, que podem ter surgido de múltiplos eventos de domesticação independentes e/ou da adição de cavalos selvagens ao longo do processo de domesticação (Jansen et al., 2002; Vilà et al., 2001). As evidências arqueológicas mais antigas da domesticação do cavalo foram encontrados na estepe Euroasiática na Ucrânia com cerca de 6000 anos (McGreevy, 2004) que sugerem que já naquela altura os cavalos poderiam ter sido montados (Anthony & Brown, 1991) e no Cazaquistão com cerca de 5500 anos foram encontrados resíduos de leite de égua em cerâmicas (Outram et al., 2009).

1.4. Anatomia e conformação

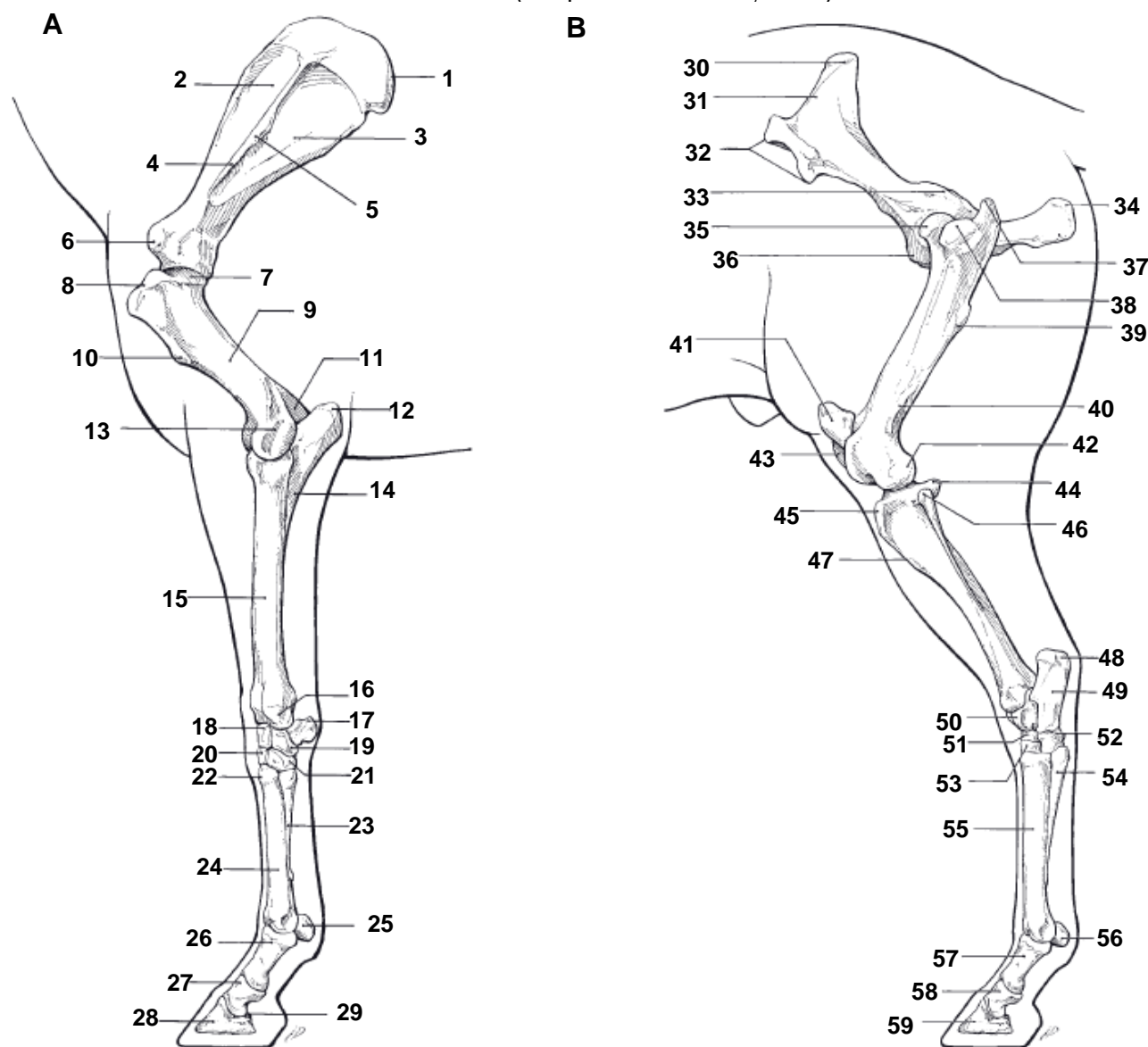
A morfologia geral mantém-se entre as diferentes espécies de equídeos (Bailey & Brooks, 2013) mas, apesar de se tratar de um único género apresentam uma grande diversidade (Oom, 1992). Na figura 2 e 4 são apresentados, respetivamente, os principais ossos do esqueleto do cavalo doméstico e as correspondentes regiões da morfologia externa. A representação do esqueleto do membro torácico (anterior) e pélvico (posterior) do cavalo encontra-se na figura 3.

Figura 2 – Estrutura óssea do cavalo doméstico. Principais ossos acompanhados pelo contorno exterior. (adaptado de <http://www.toces.net/wp-content/uploads/2016/12/9.6-Skeleton-Small.bmp>)



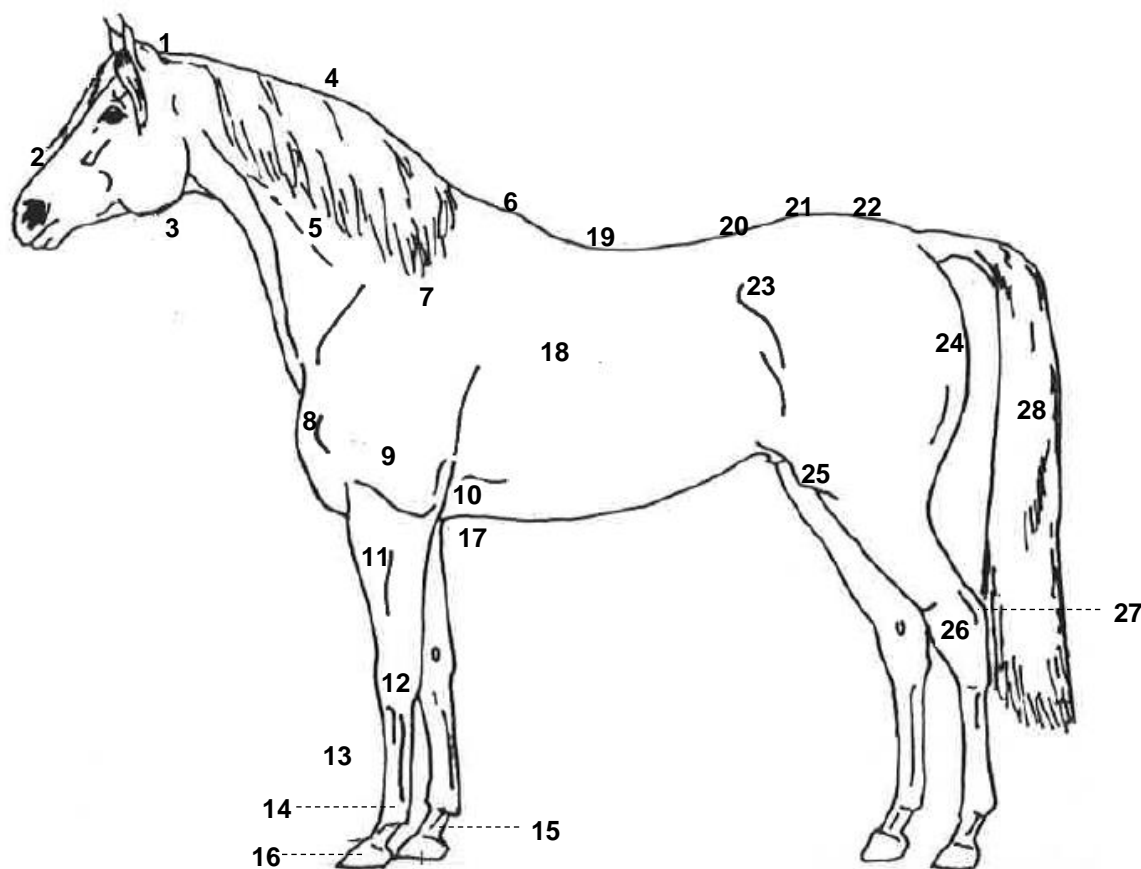
Mandíbula (1), maxila (2), occipital (3), 7 vértebras cervicais (4), 18 vértebras torácicas (5), 6 vértebras lombares (6), 5 vértebras sagradas (7), 15 a 21 vértebras coccígeas (8), escápula (9), úmero (10), ulna (11), rádio (12), carpo (13), metacarpo III (14), 1ª falange (15), 2ª falange (16), 3ª falange (17), esterno (18), 18 pares de costelas (19), ílio (20), ísquio (21), púbis (22), fémur (23), patela (24), tíbia (25), fíbula (26), tarso (27), metatarso (28).

Figura 3 – Ossos e acidentes ósseos do membro torácico (A) e pélvico (B) acompanhado com o contorno externo (adaptado de Baxter, 2011).



Membro torácico (A): Cartilagem escapular (1), fossa supraespinhosa (2), fossa infraespinhosa (3), tuberosidade da espinha (4), espinha da escápula (5), tubérculo supraglenóide (6), cabeça do úmero (7), tubérculo maior do úmero (8), úmero (9), tuberosidade deltoide (10), fossa do olecrânio (11), olecrânio (12), epicôndilo lateral (13), ulna (14), rádio (15), processo estilóide do rádio (16), osso acessório do carpo (17), osso intermédio-radial do carpo (18), osso ulnar do carpo (19), osso carpiano III (20), osso carpiano IV (21), tuberosidade metacárpica (22), osso metacarpiano IV (23), osso metacarpiano III (24), osso sesamóide proximal lateral (25), 1ª falange (26), 2ª falange (27) 3ª falange (28), osso sesamóide distal (navicular) (29); Membro pélvico (B): tuberosidade sacral (30), crista ilíaca (31), tuberosidade coxal (32), espinha isquiática (33), tuberosidade isquiática (34), cabeça do fêmur (35), púbis (36), grande trocânter (37 e 38), terceiro trocânter (39), tuberosidade supracondilar lateral (40), patela (41), epicôndilo lateral (42), tróclea (43), côndilo lateral (44), tuberosidade tibial (45), cabeça da fíbula (46), bordo cranial da tíbia (47), tuberosidade do calcâneo (48), calcâneo (49), astrágalo ou tálus (50), osso central do tarso (51), osso IV do tarso (52), osso III do tarso (53), osso metatarsiano IV (54), osso metatarsiano III (55), osso sesamóide proximal lateral (56), 1ª falange (57), 2ª falange (58) 3ª falange (59).

Figura 4 – Regiões da morfologia externa do cavalo (adaptado de Oom, 1992).

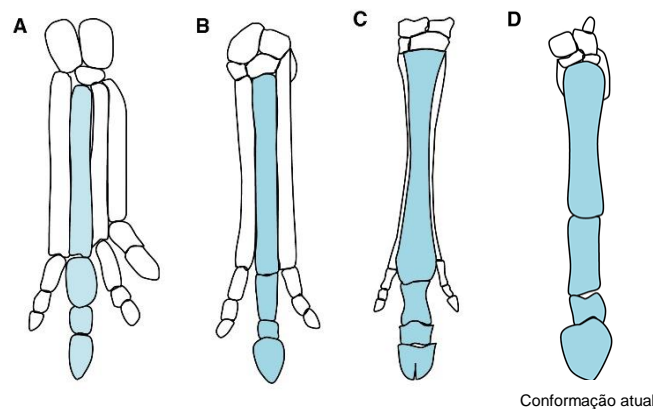


1 - Nuca (occipital e articulação atlanto-occipital); 2 - chanfro (nasais, parte dos lacrimais, dos zigomáticos e dos supramaxilares, limitado lateralmente pelas cristas zigomáticas); 3 - ganacha (porção retilínea do bordo inferior dos ramos da mandíbula); 4 - crineira; 5 - pescoço; 6 - garrote (apófises espinhosas das vértebras torácicas); 7 - espádua (escápula); 8 - ponta do ombro (); 9 - braço (úmero); 10 - cotovelo ou codilho (olecrânio); 11 - antebraço (rádio); 12 - joelho (carpo); 13 - canela (metacarpo III); 14 - boleto (articulação metacarpo-falângica e sesamóides); 15 - quartela (1ª falange), 16 - casco; 17 - cilhadouro (região posterior do esterno e cartilagens costais); 18 - costado (12 ou 13 últimas costelas); 19 - dorso (últimas vértebras torácicas e região superior das costelas correspondentes); 20 - rins (vértebras lombares); 21 - ponta da garupa (articulação lombo-sagrada); 22 - garupa (sacro e coxal); 23 - ponta da anca (tuberosidade do ílio); 24 - ponta da nádega (tuberosidade isquiática); 25 - soldra (patela); 26 - curvilhão (tarso); 27 - ponta do curvilhão (calcâneo); 28 - cauda.

A conformação depende principalmente da estrutura óssea. Embora todos os cavalos tenham a mesma estrutura óssea, o comprimento dos ossos e a relação entre eles variam entre cavalos, resultando em diferentes proporções. Pequenas variações nestas proporções podem ter um impacto significativo no nível de performance de um cavalo relativamente a outro (Thomas, 2005).

Os membros dos cavalos estão especializados para a corrida a alta velocidade. Estes são ungulígrados e como resultado do endireitamento e alongamento dos membros apresentam uma passada larga. A perda do dedo I e V, redução do II e IV e o grande desenvolvimento do dedo III, o único que suporta o corpo, fazem parte desta especialização (Budras, Sack, Röck, Horowitz, & Berg, 2009). Na figura 5 encontra-se a evolução da anatomia da extremidade do membro dos equídeos (Orlando, 2015)

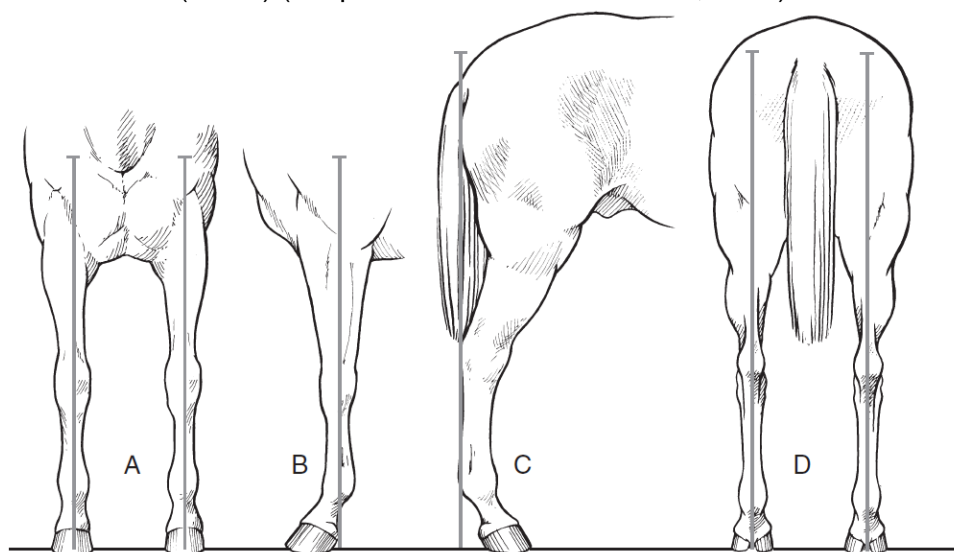
Figura 5 – Evolução anatômica da extremidade do membro dos equídeos (adaptado de Orlando, 2015).



(A) *Hyracotherium* (55–45 Ma atrás). Quatro dedos. (B) *Mesohippus* (42–33 Ma atrás). Três dedos, de proporções similares. (C) *Hipparion* (23–0.78 Ma atrás). Um dedo proeminente e dois dedos vestigiais. (D) *Pliohippus* (12–5 Ma atrás). Um único dedo envolvido por um casco na região terminal. A posição do dedo III é destacada em azul.

Os membros anteriores suportam 55-60% do peso corporal num cavalo parado. Esta distribuição pode ser alterada pelo cavaleiro, deslocando o centro de gravidade para os membros posteriores (Budras et al., 2009). Num cavalo com boa conformação (figura 6), os membros anteriores na vista frontal são direitos e paralelos e a linha de aprumo que parte da ponta do ombro (tubérculo maior do úmero) e passa pelo meio do joelho (carpo) e do boleto (articulação metacarpo-falângica) dividindo o membro em duas partes iguais e na vista lateral estes devem ser direitos e verticais com a linha de aprumo a começar na tuberosidade da crista escapular, devendo intersetar a articulação úmero-radial e passar pelo centro da articulação do joelho e boleto e atingir o chão a 5 cm do casco. No que se refere aos membros posteriores, na vista lateral a linha de aprumo é tangente à ponta da nádega (tuberosidade isquiática), ponta do curvilhão (calcâneo), face plantar da canela (metatarso) e boleto, intersetando o chão entre 7.5 a 10 cm do casco e na vista posterior são direitos e paralelos em que a linha de aprumo que atravessa a ponta da nádega, ponta do curvilhão e boleto (Ross & McIlwraith, 2011).

Figura 6 – Linhas de aprumo de avaliação da conformação dos membros torácico (A e B) e pélvico (C e D) (adaptado de Ross & McIlwraith, 2011).

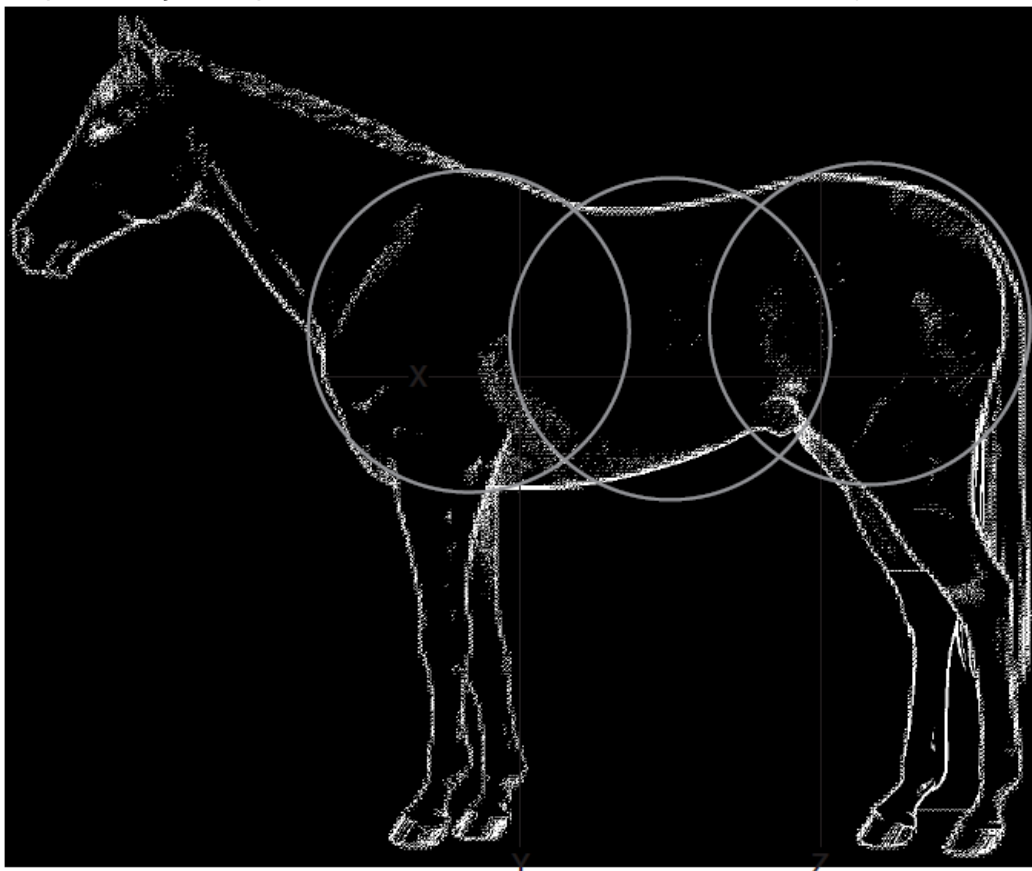


A – Vista frontal do membro torácico com as linhas de aprumo desenhadas desde a ponta do ombro dividindo cada membro a meio; B – Vista lateral do membro torácico com linha de aprumo a intersectar o meio da articulação do cotovelo, do joelho e do boleto; C – Vista lateral do membro pélvico com linha de aprumo tangente à ponta da nádega, ponta do curvilhão e boleto; D – Vista posterior do membro pélvico com as linhas de aprumo desenhadas desde a ponta da nádega e intersectando no meio da ponta do curvilhão e boleto.

Idealmente, o cavalo deve ser proporcional. A forma como todas as partes do cavalo se encaixam está diretamente ligada à avaliação de comprimentos, ângulos e alturas. Deve ser possível dividir o cavalo em três partes sensivelmente iguais: membro torácico (da ponta do ombro até à linha que passa pelo garrote), tronco (da linha que passa pelo garrote até à ponta da anca) e membro pélvico (da ponta da anca até à ponta da nádega) (Ross & McIlwraith, 2011; Thomas, 2005).

Na figura 7, nas regiões descritas anteriormente, foram desenhados círculos que devem sobrepor-se, mas não excessivamente. Em geral, o comprimento do corpo (da ponta do ombro à ponta da nádega) deve ser igual ou ligeiramente maior que a altura ao garrote e a altura ao garrote e a altura da garupa devem ser semelhantes. Cavalos que apresentem esta conformação apresentam um bom equilíbrio e são provavelmente cavalos de qualidade superior (Ross & McIlwraith, 2011).

Figura 7 – Representação esquemática de características conformacionais (Ross & McIlwraith, 2011)



Três círculos nas regiões, da esquerda para a direita, membro torácico, tronco e membro pélvico; X – comprimento do corpo; Y – altura do garrote; Z – altura da garupa.

1.5. A Produção Equina em Portugal

Na Península ibérica admite-se a existência do cavalo, pelo menos, desde o paleolítico superior. Em Portugal, um dos registos mais antigos da relação entre o homem e o cavalo encontra-se perto de Évora, nas grutas do Escoural, onde é possível observar pinturas nas paredes, com cerca de 13 000 a 17 000 anos, de cavalos com perfil convexo e pescoço arqueado (Farinha dos Santos, 1964). Próximo deste local foram ainda encontrados artefactos datados de 4000 anos A.C., revelando já naquela altura a existência de uma cultura equestre (Monteiro, 1983). Mais recentemente, foi confirmado por estudos de DNA mitocondrial, que indicam que as linhas maternas da origem da raça Puro Sangue Lusitano (PSL) são as mais antigas que se conhecem da espécie *E. f. caballus* (Machado, 2005 em Santos, 2008) sugerindo a existência de um centro de domesticação na Península ibérica (Lopes et al., 2005). A sociedade dependeu largamente da utilização dos equinos para diversos fins, tais como: transporte, trabalhos agrícolas e militares, comunicação, caça e até mesmo para desbravar novos continentes. Como resultado do desenvolvimento da mecanização nas atividades civis e militares assistiu-se, durante o século XX, a um decréscimo progressivo do número de equídeos a nível mundial. Mais tarde,

com a melhoria das condições económicas da população, o cavalo começou cada vez mais a ser visto como um animal para atividades de lazer e de desporto. O cavalo PSL adquiriu maior visibilidade, nomeadamente pelas suas potencialidades desportivas, assumindo uma maior relevância dentro e fora do país, de tal forma que aumentaram as suas vendas (Monteiro, 1983).

Segundo o recenseamento agrícola realizado pelo Instituto Nacional de Estatística (2009), o efetivo equídeo nacional é de cerca de 56 mil cabeças distribuídas por cerca de 28 mil explorações. Os cavalos representam 64% do efetivo de equídeos sendo os restantes 36% referentes a asininos e muares. De 1999 para 2009 registou-se um decréscimo no número de asininos e muares.

Estes animais destinam-se principalmente às diversas modalidades desportivas equestres e sela, mas também à reprodução, à produção para consumo humano e à utilização pelo Exército, entre outras (Monteiro, 1983). Dados da Federação Equestre Portuguesa indicam um aumento do número de federados e do número de cavalos registados, bem como do número de provas tanto nacionais como internacionais (Federação Equestre Portuguesa [FEP], 2015).

2. Conformação

A conformação é normalmente definida como a aparência física ou o contorno externo do cavalo, resultando da combinação dos ossos, músculos e outros tecidos (McIlwraith, Anderson & Sanschi, 2003). Outros autores definem conformação simplesmente como a relação entre a forma e a função (Beeman, 1973 em McIlwraith et al., 2003). Um cavalo com uma má conformação para uma modalidade equestre pode ter por outro lado uma excelente conformação para outra (Thomas, 2005).

2.1. O estudo da conformação

Com a domesticação do cavalo, presume-se que nessa altura se deu também início à seleção. Para além da seleção de características comportamentais, favoráveis para a transição do estado selvagem para a domesticação, a aparência exterior ou conformação do cavalo podem ter sido outro critério de seleção utilizado. O grande número de raças que existem hoje em dia, cada uma com as suas próprias características conformacionais específicas, surgiram tanto da seleção natural como da seleção realizada pelo Homem devido à utilização dos cavalos para diversos fins desde a domesticação (Saastamoinen & Barrey, 2000).

Nada se sabe sobre as primeiras estratégias de seleção, mas o texto mais antigo sobre conformação do cavalo foi produzido pelo historiador e filósofo Grego, Xenofonte (430-354 A.C.), no seu tratado *De re equestri*, onde entra em detalhes relativamente a conformações desejáveis e indesejáveis. Xenofonte reconhecia já naquela altura a importância dos membros posteriores na locomoção do cavalo e descreve um variado número de características de conformação. Por exemplo, promovia uma região lombar mais curta e forte, metacarpos e metatarsos mais fortes, uma inclinação intermediária da

quartela, apontava para ângulos articulares desejáveis para o membro torácico e pélvico e chamava a atenção para a importância da qualidade dos cascos (Hill, Ducro, van Weeren, Barneveld & Back, 2013). Apresentava também uma relação direta entre a conformação e a funcionalidade, quer em termos de adequação para um determinado fim (ou seja, performance), resistência física ou durabilidade (ou seja, a resistência a lesões musculoesqueléticas) (van Weeren & Crevier-Denoix, 2006).

As percepções e opiniões de Xenofonte eram puramente empíricas, bem como as dos seus sucessores nos séculos XVII e XVIII. Guillaume de Cavendysh em 1671 publicou "*Méthode Nouvelle et Invention Extraordinaire de Dresser les Chevaux et les Travailler Selon la Nature*", Jacques de Solleysel em 1713 publicou "*Le Parfait Maréchal, qui Enseigne a Connoistre la Beauté, la Bonté et les Défauts des Chevaux*" e Claude Bourgelat e colaboradores em 1750 publicaram "*Eléments d'Hippiatrique ou Nouveaux Principes sur la Connaissance sur la Médecine des Chevaux*" (van Weeren & Crevier-Denoix, 2006).

O estudo mais aprofundado da conformação surgiu com a fundação das primeiras escolas de veterinária por Claude Bourgelat, a primeira em Lyon em 1761 e a segunda em Alfort, perto de Paris, em 1766, surgindo nesta o primeiro trabalho inteiramente dedicado aos andamentos dos cavalos em 1779 por Goiffon e Vincent. Nos primeiros três quartos do século XIX, foi Conrad von Hochstätter, na Suíça, que desenvolveu algum progresso no campo da locomoção equina, enquanto que em França a atenção continuava focada na análise de andamentos iniciada por Goiffon e Vincent (van Weeren, 2013).

Os trabalhos publicados por Etienne Marey em 1882 (*La machine animale, locomotion terrestre et aérienne*) e por Eadweard Muybridge em 1887 (*Animal Locomotion*) introduziram, pela primeira vez, o uso da fotografia para a análise dos andamentos, tornando esta área de pesquisa muito popular. Em 1884, Goubaux e Barrier publicaram o livro "*De l'extérior du cheval*" em que são descritas ambas as técnicas usadas por Marey e Muybridge e também descrevem outros meios para representar os andamentos dos cavalos. Após o ano de 1900 poucos trabalhos nesta área foram desenvolvidos em França, passando a Alemanha no período anterior à 2ª Guerra Mundial a aproveitar os trabalhos de Marey e Muybridge (van Weeren, 2013).

Em Berlim, no início do século XX, estudou-se a relação entre a conformação e a performance em diferentes raças. Nos diferentes trabalhos realizados foram encontradas medidas morfométricas com dimensões diferentes entre cavalos com melhor e pior performance, mas a ausência de análise estatística impede que se tirem conclusões em relação às diferenças encontradas (van Weeren & Crevier-Denoix, 2006). Vários trabalhos foram desenvolvidos relativamente à relação entre a conformação e os andamentos, por vezes com resultados não concordantes. Wilhelm Krüger

possivelmente o investigador com mais trabalho produzido naquela época, publicou estudos muito elaborados sobre cinemática dos membros, sumarizados numa publicação em 1939 “*Die fortbewegung des pferdes*” (tradução: A locomoção do cavalo). A Alemanha dominava a investigação nesta área, mas também em outros locais se estudavam os andamentos e a sua relação com a conformação. Em países como a Áustria, África do Sul, Brasil, Bélgica, Holanda, Checoslováquia, França, Suécia, Estados Unidos da América, Reino Unido e Rússia existem publicações sobre esta temática (van Weeren. 2013).

Após a 2ª Guerra Mundial, o interesse por esta área de investigação diminuiu. No entanto, com a recuperação da economia na década de 60, começou a existir um interesse crescente da população em geral relativamente ao cavalo, agora como animal de desporto e lazer. Ainda que a investigação nunca tenha parado efetivamente, este crescente interesse no cavalo impulsionou a investigação na espécie (van Weeren & Crevier-Denoix, 2006). Associado a isso, vários centros de investigação foram criados principalmente na Europa e América do Norte (van Weeren. 2013).

Nos últimos 200 anos muito se tem escrito relativamente à conformação do cavalo e a relação com a performance e a predisposição para lesões musculoesqueléticas, mas poucos são os trabalhos baseados em dados objetivos (McIlwraith et al, 2003). Ainda assim, estes trabalhos não podem ser desconsiderados. Por exemplo, a maioria das relações entre performance e conformação descritas por Bourgelat e colaboradores são confirmadas por resultados de pesquisas científicas recentes. Um dos resultados propostos por este autor refere-se à importância da conformação dos membros pélvicos e garupa, em que cavalos com membros pélvicos naturalmente posicionados debaixo do corpo eram mais adequados para *Dressage*, enquanto que aqueles que apresentavam a conformação contrária eram mais propensos para corridas (Holmström & Back, 2013).

O avanço tecnológico tem permitido uma avaliação quantitativa mais objetiva da conformação e, em conjunto com a análise estatística, vários estudos tentam encontrar relações entre a conformação, a performance e a predisposição para lesões musculoesqueléticas. Estes estudos resultaram na confirmação de alguns ideais empíricos tradicionais e a rejeição de outros, no entanto os resultados são muitas vezes contraditórios (Gregory, 2014).

Apesar da evolução do pensamento científico e dos meios técnicos disponíveis, a investigação nesta área e das relações com a performance e com predisposição para lesões musculoesqueléticas tem sido limitada. A avaliação da conformação é ainda baseada sobretudo em critérios subjetivos, evidências empíricas e na experiência dos observadores (van Weeren & Crevier-Denoix, 2006). A avaliação da conformação é, por vezes, vista como uma “forma de arte” em que algumas pessoas têm uma capacidade natural para avaliar a influência de diferentes características conformacionais no potencial atlético do cavalo e no risco de lesão (Holmström & Back, 2013).

2.2. Quantificação da conformação

A conformação determina em grande parte o aspeto geral do cavalo. Os criadores, os cavaleiros e os potenciais compradores podem poupar tempo e dinheiro evitando cavalos cujo potencial é limitado por certos defeitos graves de conformação, enquanto uma correta conformação e bons andamentos são fatores importantes para a valorização do cavalo (Saastamoinen & Barrey, 2000). No entanto, o sucesso de um cavalo não depende da conformação "perfeita", pois isso não é garantia de um nível elevado de desempenho desportivo ou elimina o risco de lesão e, por outro lado, uma conformação "imperfeita" não exclui necessariamente o cavalo de atingir níveis de performance altos em algumas disciplinas. Outros fatores como o maneio, condições ambientais, genética, nutrição, temperamento, treino e o estado de saúde terão também uma grande influência no nível de performance atingido pelo cavalo. Portanto, a conformação só pode ser considerada como um indicador do potencial atlético futuro e de predisposição para lesões musculoesqueléticas (Gregory, 2014).

A avaliação da conformação apresenta uma longa tradição no processo de seleção de equinos. Apesar da seleção ser baseada principalmente no nível de performance obtido, a avaliação da conformação e dos andamentos têm também um papel importante. Nos últimos tempos, tem sido atribuído um ênfase maior à conformação funcional e aos andamentos em detrimento de certas características conformacionais a fim de selecionar cavalos para desporto (Saastamoinen & Barrey, 2000).

A importância da avaliação da conformação varia entre raças. Em cavalos de corrida, os resultados nas corridas são o principal fator de seleção. Por outro lado, nos cavalos destinados a *Dressage* ou a Saltos de Obstáculos, que competem ao mais alto nível muito mais tarde comparativamente com os cavalos de corridas, a seleção baseia-se principalmente em testes de conformação e performance realizados aos 3-4 anos de idade. Sendo por isso, neste caso, importante ter um método que permita prever o valor futuro dos jovens garanhões e éguas que não têm ainda qualquer resultado desportivo. Como na maioria dos países os testes de performance são realizados apenas aos cavalos que atingem padrões mínimos de conformação, é de extrema importância que a avaliação da conformação se baseie em critérios corretos (Holmström & Back, 2013). Portanto, a avaliação da conformação é útil no processo de seleção, uma vez que os parâmetros relativos à performance apresentam baixa heritabilidade e só podem ser quantificados mais tarde, quando os cavalos atingem os níveis mais altos de competição (Koenen, van Veldhuizen & Brascamp, 1995).

Existe uma grande variação em termos de conformação entre raças e mesmo dentro de cada raça, sendo necessários estudos para determinar a conformação ideal em cada raça, bem como as relações com a performance e predisposição a lesões (Gregory, 2014). A conformação do cavalo tem vindo a ser quantificada em vários estudos e em inúmeras raças de cavalos, com o objetivo de descrever a variação da conformação (Holmström, Magnusson & Philipsson, 1990; Suontama, Saastamoinen &

Ojala, 2009; Weller, Pfau, May, & Wilson, 2006c) ou de relacionar a conformação com a performance (Back, Schamhardt & Barneveld, 1996; Dolvik & Klemetsdal, 1999; Koenen et al., 1995; Langlois et al., 1978; Sánchez-Guerrero, Molina, Gómez, Peña & Valera, 2016; Suontama, van der Werf, Juga & Ojala, 2013; Weller, Pfau, Verheyen, May, & Wilson, 2006b) e com predisposição para lesões musculoesqueléticas (Anderson, McIlwraith & Douay, 2004; Weller et al., 2006b). Outro objetivo que tem vindo a acompanhar os anteriores é o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos métodos de avaliação da morfologia (Saastamoinen & Barrey, 2000).

Entre os parâmetros de conformação avaliados encontram-se medidas lineares, ângulos, aprumos dos membros, perfil da cabeça, qualidade do casco e características dos andamentos (amplitude, elasticidade e regularidade). Estes parâmetros podem ser divididos em pontuáveis (avaliação subjetiva) e mensuráveis (avaliação objetiva). Os parâmetros pontuáveis correspondem a avaliações subjetivas, como por exemplo perfil da cabeça, qualidade do casco, aprumos dos membros e características dos andamentos. Os parâmetros mensuráveis correspondem a avaliações objetivas, como por exemplo de medidas lineares e ângulos (Saastamoinen & Barrey, 2000).

Nos últimos anos foram desenvolvidos métodos que permitem a quantificação objetiva da conformação, com o objetivo de produzir dados mais fiáveis que podem ser relacionados com dados de performance e dados relativos a lesões musculoesqueléticas e, por conseguinte, esta informação ser usada nos programas de seleção das diferentes raças. As medições podem ser obtidas diretamente sobre o cavalo (método clássico (MC)) (Mawdsley, Kelly, Smith, & Brophy, 1996; Oom & Ferreira, 1987; Oom, 1992), indiretamente usando fotografia (método fotométrico (MF)) (Barrey et al., 2002; Holmström et al., 1990; Kronacher & Ogrizek, 1931 em Weller et al. 2006a, Langlois et al., 1978) ou usando as imagens fornecidas por registos de vídeo (Kristjansson et al., 2013; Kristjansson et al., 2016; Weller et al., 2006b; Weller et al., 2006c).

Para o avanço global desta área de estudo, seria importante a utilização de uma metodologia única que permitisse a comparação dos resultados e dados recolhidos nos diferentes estudos. Na criação de cavalos, a seleção baseia-se num “Ideal”, mas as características desse ideal não são facilmente descritas numa escala morfológica ou biológica (Druml, Dobretsberger & Brem, 2015). A questão da objetividade na avaliação conformacional é uma questão permanente na literatura científica (Druml, Baumung, & Sölkner, 2008; Duensing, Stock & Krieter, 2014; Koenen, Aldridge & Philipsson, 2004).

A avaliação objetiva da conformação fornece um complemento útil para a avaliação subjetiva pela quantificação de algumas características conformacionais. A avaliação subjetiva será sempre importante porque nem todos os aspetos podem ser medidos por métodos objetivos. Fatores estéticos, tais como elegância atlética, flexibilidade, equilíbrio global e harmonia, estilo de salto e simetria do movimento são necessariamente subjetivos (Gregory, 2014; Holmström & Back, 2013).

2.2.1. Avaliação subjetiva da conformação

A avaliação subjetiva da conformação é realizada, de uma forma geral, com base numa escala de pontuação (método tradicional) ou com base em uma escala biológica (avaliação linear). Quase todos os países/raças têm o seu próprio protocolo (Holmström & Back, 2013). Existe um vasto número de parâmetros avaliados variando de país para país e de raça para raça. Os itens classificados mais comuns são o tipo, cabeça, pescoço, linha de cima, aprumo dos membros, qualidade dos andamentos (amplitude, elasticidade e regularidade), qualidade dos cascos e simetria do corpo (Saastamoinen & Barrey, 2000).

Com o desenvolvimento da hipologia durante o século XVIII, surgiu uma metodologia de avaliação do exterior do cavalo (método tradicional) baseada em caracteres subjetivos que os criadores e o comércio podiam utilizar (Langlois, 1991 em Oom, 1992). Ainda nos dias de hoje este tipo de avaliação é usado nos "Concursos de Modelo e Andamentos", tendo um papel de relevo na produção e melhoramento de várias raças de cavalos por serem utilizados para aprovação e classificação de reprodutores, nomeadamente nas raças em que o modelo morfológico constitui a base fundamental de seleção (Oom, 1992).

O método tradicional baseia-se em avaliar o cavalo segundo um padrão da raça, sendo que os parâmetros conformacionais de cada animal são pontuados de acordo com a aproximação ao descrito no padrão (Holmström & Back, 2013; Saastamoinen & Barrey, 2000). Uma desvantagem deste método é que as avaliações subjetivas da conformação variam muito entre juízes, dependendo da experiência (Holmström et al., 1990), ainda assim algumas características morfológicas são avaliadas de uma forma mais consistente do que outras (Holmström & Back, 2013).

O método de avaliação linear é usado em diversas populações de cavalos (tabela 2) para a avaliação da conformação. Por exemplo na Holanda, é usado na raça Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland (KWPN) no processo de admissão para o stud-book (Holmström & Back, 2013), sendo cada cavalo comparado com a média da população em todas as características funcionais relevantes incluídas no padrão da raça. Apenas as características que demonstraram alguma relação com os objetivos de seleção são avaliadas, e no caso do KWPN são as características relacionadas com a conformação e andamentos. Esta avaliação não requer apreciação por parte do avaliador, apenas existe observação e descrição de cada característica avaliada. Cada característica é definida entre os dois extremos biológicos e a escala de pontuação é baseada em pontos da distribuição normal da população (Kampman, 2012; Samoré, Pagnacco & Miglior, 1997).

Este tipo de avaliação foi utilizado pela primeira vez no cavalo na década de 90 (Duensing et al., 2014) pela KWPN, enquanto que nos bovinos de leite já era utilizada desde a década de 70. Desde os anos 90, outras raças equinas em diferentes países implementaram esta metodologia (tabela 2) (Stock,

2013). Mawdsley et al. (1996) propôs a implementação de um método mais objetivo baseado num sistema de avaliação linear de características morfológicas e funcionais, que é recomendado para a obtenção de informação para a avaliação genética.

Tabela 2 – Implementação da avaliação linear (adaptado de Stock, 2013)

Pais (raça)	Data de implementação
Holanda (KWPN)	1989
Suíça (<i>CH sport horses</i>)	1991
Bélgica (BWP)	2003
Irlanda (ISH, IDH)	2008
Alemanha (<i>Holsteiner</i>)	2010 (poldros) 2013
Alemanha (<i>Oldenburger</i>)	2011/2012
Alemanha (<i>Mecklenburg-Vorpommern</i>)	2012 (éguas)
Dinamarca (DWB)	2012-2014
Suécia (SWB)	2012-2014

KWPN – *Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland*; BWP – *Belgisch Warmbloed Paard vzw*; ISH - *Irish Sport Horse*; IDH - *Irish Draught Horse*; DWB - *Danish Warmblood*; SWB - *Swedish Warmblood*.

O método tradicional de classificação morfológica usado no PSL e outras raças tem como vantagens ser fácil e rápido de realizar e o ranking resultante obtido facilmente, sendo as desvantagens deste método a subjetividade, a informação pouco detalhada (poucos parâmetros avaliados) e a dificuldade de diferenciação entre indivíduos a partir do ranking. A avaliação linear apresenta como vantagens a sua menor subjetividade, a discriminação entre indivíduos mais fácil e a informação bastante detalhada (muitos parâmetros específicos e bem definidos), como desvantagem apresenta a necessidade de um maior número de pessoas e tempo para realizar a avaliação comparativamente ao método tradicional (Stock, 2013).

Na Pura Raza Española (PRE), que apresenta um método de avaliação tradicional muito semelhante ao que é utilizado no PSL (Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano [APSL], 2010; APSL, 2016), foi demonstrado por Valera et al. (2005b) a influência de alguns fatores, como a coudelaria, a competição, o ano da competição, o juiz, o género, a idade e a pelagem dos animais nas pontuações atribuídas. Gómez et al. (2006b) concluíram que as avaliações da conformação realizadas pelo método tradicional não devem ser utilizadas em programas de melhoramento da população, devido à falta de precisão (por ex. um animal pode receber pontuações muito diferentes, dependendo da idade ao concurso, do lugar ou do número de concorrentes etc.) e à subjetividade da pontuação dos juízes (condicionada por vários fatores intrínsecos e extrínsecos ao próprio juiz). Estas conclusões justificam porque é que na PRE já se está a desenvolver um sistema de avaliação linear (Gómez, 2006a).

A avaliação linear foi recomendada para a PRE em 1988 (Fernández, Valera & Molina, 1998) e para o PSL foi sugerido em 2004 (Almeida, 2004). No PSL, até 2016 o método de avaliação linear era apenas

utilizado na segunda fase de aprovação de reprodutores na prova de morfologia (APSL, 2010). A partir de 2017 é também realizada a avaliação linear na primeira fase, por enquanto apenas de forma informativa (APSL, 2016)

A avaliação subjetiva, de uma forma geral é realizada de forma fácil e rápida por um avaliador experiente, permitindo a avaliação de um grande número de cavalos num curto período de tempo. A ausência de normas de avaliação padronizadas, bem como a falta de programas de formação de avaliadores e o erro introduzido pela avaliação subjetiva impossibilita a comparação de resultados entre diferentes estudos e raças e a possibilidade de evidenciar de forma mais clara as relações entre conformação, performance e predisposição a lesões musculoesqueléticas (Gregory, 2014). Por estas razões, a avaliação objetiva da conformação tem sido proposta em complemento à avaliação subjetiva de forma a melhorar a avaliação da conformação e por conseguinte prever capacidades e limitações do cavalo avaliado (Holmström & Philipsson, 1993).

2.2.2. Avaliação objetiva da conformação

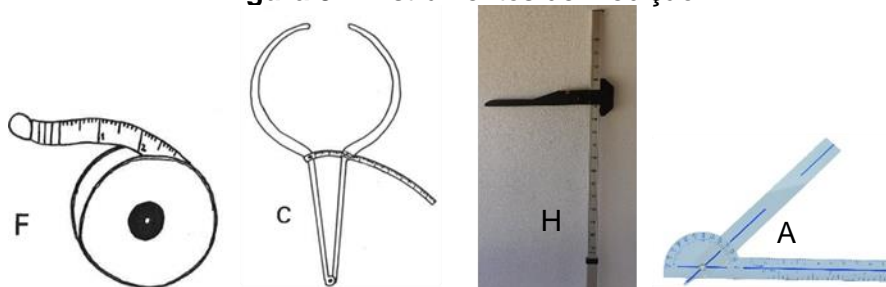
Como visto anteriormente, a avaliação da conformação não se deve limitar apenas a apreciações subjetivas (por ex., largo, comprido, curto, bem proporcionado ou bem desenvolvido) como as que frequentemente constam no padrão de cada raça. Estas apreciações subjetivas são de grande utilidade em caracteres não mensuráveis (por ex. perfil da cabeça ou harmonia da ligação cabeça-pescoço). Deve-se, portanto, tentar exprimir os caracteres mensuráveis em valores numéricos (Oom, 1992). A apreciação morfológica não pode, pois, dispensar um certo número de dados biométricos, e no padrão estabelecido para cada raça devem figurar limites de referência para essa apreciação (Monteiro, 1983). Todas as metodologias que permitam quantificar objetivamente a conformação podem ser usadas na sua avaliação objetiva (Rossdale & Butterfield, 2006). O uso de diferentes metodologias, devido às diferenças na forma de medição, impossibilita na maioria dos casos a comparação de resultados (Holmström & Back, 2013).

Esta quantificação tanto pode ser obtida diretamente no cavalo, como pode ser obtida indiretamente através de fotografia ou vídeo. Exemplos de medições realizadas nos processos de admissão ao stud-book de diversas raças são a altura ao garrote e à garupa, o comprimento do corpo, os perímetros torácico e da canela (Saastamoinen & Barrey, 2000; Suontama et al., 2011).

Os dados biométricos são um instrumento útil na caracterização objetiva das raças e na definição dos respetivos padrões raciais. Estes possibilitam a avaliação das proporções com base nas razões entre caracteres morfológicos, de extrema importância para uma correta apreciação da “forma” do cavalo. Com estes dados é mais fácil fixar limites de seleção e permite o estudo da relação da conformação com a performance e a predisposição a doenças musculoesqueléticas (Oom, 1992).

O posicionamento correto do cavalo por vezes não é fácil em consequência da sua personalidade e temperamento, levando a uma recolha de dados mais morosa, sendo por vezes necessária a rejeição do animal, pelo facto de não ser possível a recolha de dados (Oom, 1992).

Figura 9 – Instrumentos de medição



F- Fita métrica; C – Compasso de espessuras (Oom, 1992); H – Hipómetro; A – Artrogoniómetro

2.2.2.2. Fotografia

A obtenção de medidas a partir da fotografia foi inicialmente introduzida por Armand Goubaux e Gustave Barrier e sucessivamente aperfeiçoada por vários investigadores (Magnusson, 1985 em Oom, 1992). Este método permite a obtenção simultânea de um grande número de variáveis (medidas lineares e ângulos) de um plano lateral do cavalo, sendo relativamente mais rápido e envolvendo menos risco por parte do avaliador relativamente ao MC (Oom, 1992).

Langlois et al. (1978) utilizaram o MF para avaliar a relação entre a conformação e aptidão para o trote, galope e salto.

O procedimento implica a colocação de fita adesiva em diversos pontos de referência e o animal fotografado de perfil, com teleobjetiva, juntamente com uma medida padrão que serve de escala (Figura 10) para conversão posterior para escala real das medidas lineares em estudo. A fotografia obtida era projetada num ecrã onde se decalcavam os pontos de referência que definiam as medidas biométricas (medidas lineares e ângulos articulares) do animal para determinação das mesmas (Figura 11). Ao usar este método, a câmara deve ser idealmente dirigida para o centro do tórax do cavalo (Gregory, 2014).

Nos dias de hoje o MF tem vindo a melhorar pela utilização de câmaras digitais e software de análise de imagem (Saastamoinen & Barrey, 2000). Magnusson (1985 em

Figura 10 – Cavalo preparado para a fotografia. (Langlois et al., 1978)

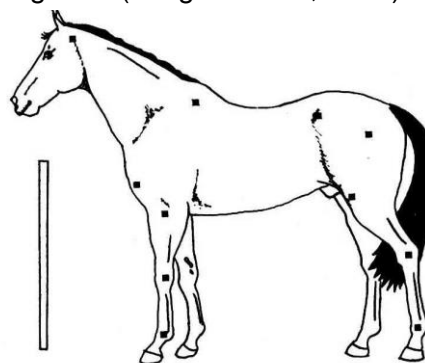
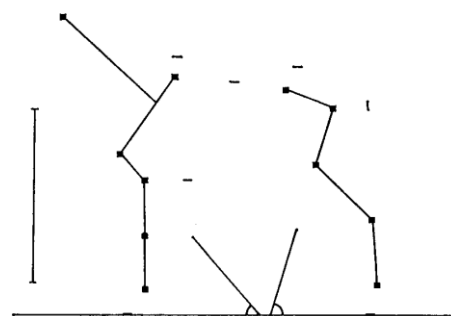


Figura 11 – Diagrama do cavalo após projeção. (Langlois et al., 1978)



Magnusson & Thafvelin, 1990) realizou um estudo no qual definiu 25 pontos de referência anatômicos que permitem medir e descrever a conformação do cavalo. Estudos posteriores seguiram o protocolo proposto por este autor ou derivações do mesmo.

Como já foi referido, a principal vantagem deste método relativamente ao MC é a rapidez na avaliação de um grande número de cavalos. No entanto, no caso de uma avaliação completa do cavalo, são necessárias no mínimo quatro fotografias (plano lateral esquerdo, plano lateral direito, plano frontal e plano caudal) idealmente sem que ocorra alteração da postura do cavalo (Gregory, 2014).

Em comum com o MC, o MF também apresenta como fontes de erro a identificação dos pontos de referência e a postura do cavalo. Ao MF estão associadas ainda outras três potenciais fontes de erro: a distorção da medição devido à posição relativa da câmara (distância e ângulo) em relação ao cavalo, o erro geométrico em resultado da projeção de um objeto tridimensional numa imagem a duas dimensões e a menor exatidão na identificação dos pontos de referência anatômicos e na medição manual das variáveis na fotografia (Weller et al., 2006a).

2.2.2.3. Vídeo

A análise da conformação através do vídeo tem vindo a ser desenvolvida. Em primeiro lugar, foi testado um método de análise de movimento passivo baseado numa técnica de análise cinemática (van Weeren & Crevier-Denoix, 2006), que consiste na utilização de câmaras de vídeo (ProReflex) que enviam e detetam a luz infravermelha e um conjunto com marcadores refletores. O sistema pode localizar cada marcador com uma exatidão inferior a 0,6 mm e a distância entre os marcadores é calculada a partir do output de coordenadas dos marcadores (Pfau, Witte & Wilson, 2005; Weller et al., 2006a).

Os equipamentos de análise cinemática fornecem dados tridimensionais de qualidade (Clayton & Schamhardt, 2001 em van Weeren & Crevier-Denoix, 2006), mas são de difícil aplicação na prática. Estes sistemas requerem um ambiente altamente padronizado para assegurar a repetibilidade e requerem ainda, na maioria dos casos, preparações trabalhosas antes da medição (van Weeren & Crevier-Denoix, 2006). As fontes de erro introduzidas com a utilização do MF são parcialmente ultrapassadas, mas este método é ainda suscetível a erros relacionados com a colocação dos marcadores e a postura do cavalo, tal como no MF e MC (Weller et al., 2006a).

Um outro método com resultados mais promissores foi desenvolvido na Escola Veterinária de Alfort por Crevier-Denoix et al. (2006 em Kirtjanson et al., 2016), que permite a recolha de dados tridimensionais enquanto o cavalo se movimenta no campo de visão de 4 câmaras, sendo os filmes obtidos posteriormente sincronizados. Este método permite o estudo de um vasto número de variáveis num

número relativamente grande de cavalos num curto período de tempo, assim sendo é muito fácil de aplicar durante eventos equestres (Kirtjanson et al., 2013; van Weeren & Crevier-Denoix, 2006).

Ao contrário da técnica de análise de movimento passivo e do MF, este não requer o uso de marcadores anatômicos, uma vez as imagens tridimensionais permitem a identificação manual posterior dos pontos de referência anatômicos, num processo que demora apenas alguns minutos (Crevier-Denoix et al., 2006 em Kirtjanson et al., 2013; van Weeren & Crevier-Denoix, 2006), sendo para isso necessário que as filmagens ocorram em locais com boa luminosidade e os cavalos se encontrem com o pêlo de verão (curto) para que mais facilmente se identifiquem os pontos de referência anatômicos (Kirtjanson et al., 2013).

Pourcelot et al. (2002 em Kirtjanson et al., 2013) concluiu que dados obtidos por este método a partir de diferentes frames de cavalos a passo apresentam maior repetibilidade do que os obtidos pelo MF, uma vez que a maneira de andar a passo é mais consistente que a maneira do cavalo parar. Doucet (2007 em Kirtjanson et al., 2013) analisou a exatidão deste método, registrando um erro de aproximadamente 0.55 cm na identificação dos pontos de referência, correspondendo a um erro máximo na medição de distâncias de 1.10 cm e de ângulos de 2°. Consegue-se assim uma avaliação com elevada exatidão e precisão, por permitir a repetição de medições num curto período de tempo (Kirtjanson et al., 2013).

Este último método apresenta as características ideias sugeridas por Weeren e Crevier-Denoix (2006) para o método de recolha de dados, que deve ser exato com uma alta resolução espacial, não deve ser sensível à postura do cavalo, deve fornecer dados tridimensionais e a captura de dados deve ser rápida e fácil.

2.3. Heritabilidade e Correlação genética das avaliações subjetivas e objetivas

A heritabilidade é o rácio entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica, variando entre 0 e 1. Esta indica a proporção de variância fenotípica que é de natureza genética aditiva (valor genético), resultando a variância fenotípica do somatório das variâncias de todos os efeitos genéticos e não genéticos (ambientais). Os efeitos genéticos são o valor genético (dobro do desvio dos descendentes relativamente à média da população), o desvio de dominância (diferença entre o valor fenotípico e o valor genético) e o efeito de epistasia (interação entre vários loci). Relativamente aos efeitos ambientais estes podem ser de natureza sistemática e não sistemática ou aleatórios (Gama, 2012).

A heritabilidade dos parâmetros conformacionais, avaliada por métodos subjetivos, varia de baixa a moderada (0.2-0.50). Sabe-se que a avaliação subjetiva da conformação é influenciada por vários fatores não genéticos, que incluem, por exemplo, a equipa de juizes, género, condição corporal, mês e ano de avaliação e no que respeita a animais em crescimento, a idade. Todos esses fatores devem

ser levados em conta quando as avaliações subjetivas são usadas na seleção de cavalos ou em análises genéticas (Saastamoinen & Barrey, 2000).

As variáveis avaliadas por métodos objetivos apresentam heritabilidades moderadas a altas (0.25-0.90) e no que diz respeito a cavalos em crescimento estas aumentam com a idade (Hintz et al., 1978; Saastamoinen, 1990).

De uma forma geral a heritabilidade é superior nas avaliações objetivas relativamente às avaliações subjetivas. Tanto as correlações entre parâmetros avaliados subjetivamente como entre as variáveis avaliadas objetivamente são moderadas a altas (Saastamoinen & Barrey, 2000). Por outro lado, segundo Suontama et al. (2009) que estudaram as correlações genéticas entre parâmetros subjetivos e variáveis avaliadas objetivamente, estas são maioritariamente negativas variando de baixas a moderadas.

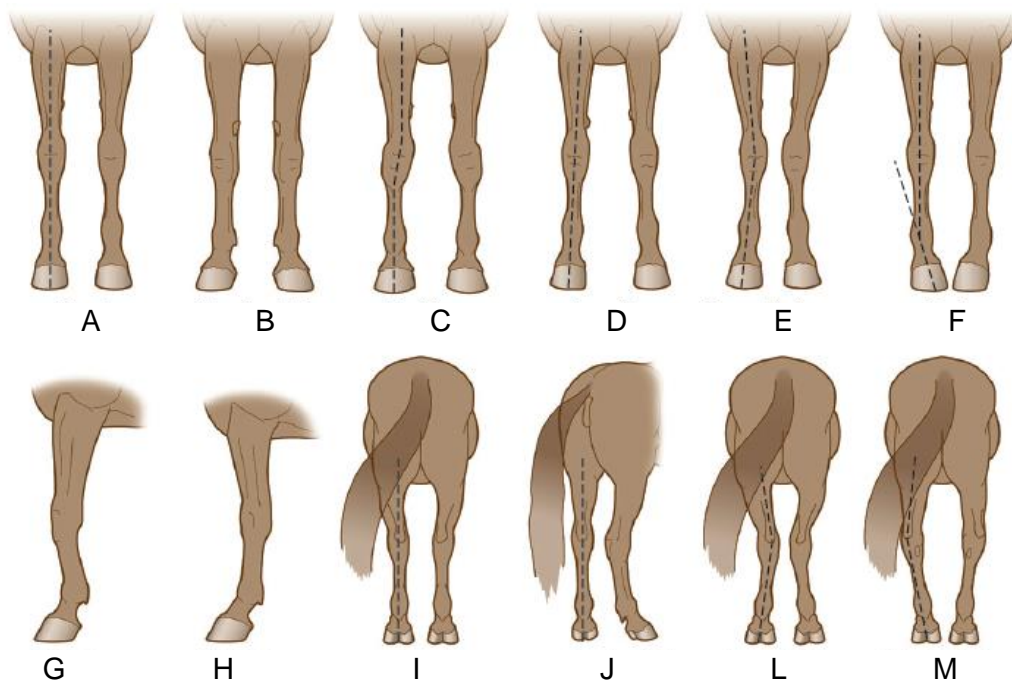
A correlação genética mede se indivíduos com um valor genético elevado para um determinado carácter apresentam ou não um valor genético elevado noutro carácter. Pode dever-se a pleiotropismo (os caracteres são afetados pelo mesmo conjunto de genes) ou a correlações “automáticas” (quando um carácter é componente do outro) (Gama, 2002). As correlações genéticas elevadas possibilitam a diminuição dos parâmetros/variáveis a avaliar/medir em cada cavalo.

2.4. Conformação, Performance e Saúde

O processo de avaliação de cavalos incide sobre diversos componentes, sendo os mais importantes o temperamento, os andamentos, a qualidade de salto e a conformação. Uma boa conformação permite potencializar as capacidades do cavalo pelo cavaleiro de uma forma mais fácil. Para a conformação ser utilizada como indicador de performance é necessário, por um lado o conhecimento das relações entre conformação e performance, e por outro lado a utilização de um método fiável de avaliação. A utilização de métodos objetivos é recomendada, no entanto a avaliação subjetiva é necessária para os parâmetros em que não é possível fazer uma avaliação objetiva (Holmström & Back, 2013).

A avaliação subjetiva é aplicada aos membros, na avaliação de desvios relativamente à posição normal. Os defeitos de conformação mais comuns encontram-se na figura 12 (Holmström & Back, 2013). Um dos defeitos de conformação mais comuns é o membro pélvico rodado para fora e, devido à alta frequência registada por Holmström et al. (1990) e Magnusson e Thafvelin (1985a em Holmström et al., 1990), estes autores sugerem que esta conformação seja considerada normal. Esta conformação do membro pélvico facilita, por exemplo, o exercício de espádua a dentro (Boldt, 1978 em Holmström et al., 1990).

Figura 12 – Principais defeitos de conformação do membro torácico e pélvico. (Holmström & Back, 2013)



A – Conformação correta do membro torácico (MT); B – MT rodado para fora; C – “*Bench Knee*”; D – Aberto; E – Fechado de joelhos; F – Caravanho ; G – Curvo; H – Transcurvo; I – Conformação correta do membro pélvico (MP); J – MP rodado para fora; L – Fechado de curvilhões; M – Aberto de curvilhões.

Desvios ligeiros a moderados da conformação dos membros, segundo os resultados obtidos por Holmström et al. (1990), não prejudicam a performance, nem aumentam o risco de lesão.

Outras características dos membros podem ser avaliadas objetivamente. No membro torácico, é avaliado o comprimento e inclinação da espádua, sendo empiricamente considerado favorável uma espádua longa e inclinada, no entanto com a aplicação de medições objetivas não foram encontradas relações com a performance (Holmström & Back, 2013). A avaliação subjetiva da espádua deve ser evitada, uma vez que existe muitas vezes uma discrepância entre a linha da espádua e a real inclinação. É ainda considerado vantajoso um úmero longo (principalmente nos cavalos de *Dressage*), um antebraço longo e canelas curtas (Holmström & Back, 2013).

Relativamente ao membro pélvico, a inclusão de medidas objetivas, ao invés de apenas realizar a avaliação subjetiva, melhora a qualidade das avaliações (Holmström & Philipsson, 1993). Uma boa conformação do membro pélvico caracteriza-se por uma pélvis plana, fêmur longo e inclinado cranialmente e um ângulo do curvilhão bem aberto. Um ângulo pequeno da pélvis relativamente à horizontal tem um efeito positivo na performance de cavalos de *Dressage* e de Saltos de Obstáculos. A avaliação subjetiva é muitas vezes realizada através da inclinação da garupa, ainda que em alguns casos a inclinação da garupa não corresponde à inclinação da pélvis. A posição descrita para o fêmur favorece uma posição dos membros pélvicos por baixo da massa do cavalo, mantendo assim mais

facilmente o equilíbrio. Existe uma maior propensão para historial de claudicação e lesões no dorso em cavalos com ângulos de curvilhão mais fechados (Holmström & Back, 2013).

Ainda relativamente aos membros é normalmente avaliado o ângulo da quartela. Quanto maior for o ângulo da quartela com a horizontal mais curta é a passada. Por um lado, cavalos com quartelas com ângulos maiores (mais verticais) apresentam maior tendência para claudicação por tendinite do tendão flexor superficial dos dedos (Weller et al., 2006b) e por outro lado, quartelas mais inclinadas (ângulos menores) apresentam maior risco de desenvolver osteoartrite na articulação do boleto e fraturas na falange proximal (Ross & McIlwraith, 2011).

A avaliação da cabeça, pescoço e corpo é muitas vezes realizada a partir de critérios muito difíceis de analisar objetivamente, sendo por isso avaliados necessariamente de forma subjetiva. Exemplos são, entre outros, o perfil da cabeça, inserção do pescoço, forma do garrote e “harmonia” do cavalo. No entanto, existem parâmetros como o comprimento do pescoço, comprimento do corpo e altura ao garrote que podem ser medidos objetivamente ou avaliados subjetivamente (Van der Veen, 1996 em Holmström & Back, 2013).

Relativamente ao pescoço, não se encontra ainda definida a relação entre o comprimento do pescoço e a performance. De uma forma empírica é considerado favorável um pescoço longo e bem inserido (base do pescoço inserida acima da ponta do ombro (Thomas, 2005)), e num estudo com medidas objetivas Holmström (sem data de publicação em Holmström & Back, 2013) identificou que cavalos da disciplina de Saltos de Obstáculos apresentam pescoços mais compridos que os cavalos de *Dressage*, já que o pescoço longo favorece a manutenção do equilíbrio durante o salto. Nos cavalos de *Dressage* a inserção do pescoço é mais importante (van der Veen, 1996 em Holmström & Back, 2013), no entanto, não existem estudos que suportem esta afirmação, principalmente devido à dificuldade de medição objetiva de inserção do pescoço (Holmström & Back, 2013). Por outro lado, a inserção do pescoço com a cabeça, avaliada através da distância entre a asa do atlas e o ramo da mandíbula, num estudo realizado por Holmström (sem data de publicação em Holmström & Back, 2013), este verificou que cavalos de *Dressage* e de Obstáculos apresentam uma distância maior relativamente aos restantes cavalos. Em termos de altura ao garrote não foi ainda demonstrada a sua relação com a performance nos cavalos de *Dressage* e de Obstáculos. A influência do comprimento do corpo na performance não é ainda clara, existindo apenas estudos que indicam que é preferível cavalos com corpos mais compridos relativamente à altura do garrote (Holmström & Back, 2013).

3. O cavalo Lusitano

A designação de Lusitano atribuída ao cavalo que de há longos séculos se cria em Portugal, deriva do nome do primeiro povo histórico — os Lusitanos — que habitaram grande parte do atual território nacional e parte do território que é hoje Espanha (parte das províncias de Salamanca e Badajoz e toda a de Cáceres), a Lusitânia. Ainda nos tempos do império Romano, a antiga Bética era a principal zona de criação do cavalo espanhol ou andaluz. Sendo os solares dos dois cavalos de províncias vizinhas, naturalmente tiveram origem comum, evoluíram em simultâneo e desenvolveram características morfo-funcionais idênticas (Monteiro, 1983), ainda que em anos mais recentes tenham sido selecionados com objetivos distintos.

Foi apenas em 1942 que se passou a usar oficialmente a designação de Lusitano para os cavalos que, nascidos em Portugal, pelas suas características morfológicas e funcionais e pela sua genealogia lhes fosse autorizado o uso desta designação (Monteiro, 1983). Até esta data, em Portugal e Espanha existia apenas uma raça denominada de cavalo espanhol, peninsular ou andaluz (Soares, 1998). A nível de conhecimento e profundidade da informação genealógica da raça, com os registos genealógicos conhecidos no cavalo Lusitano desde 1824, Vicente (2014) estimou que a percentagem média de informação disponível de pais, avós e bisavós de cavalos até 2009 era de 98.78%, 97.80% e 97.08%, respetivamente. Relativamente ao número de gerações conhecidas, este parâmetro tem aumentado ao longo dos anos com um valor máximo em 2009 de 11.5 gerações conhecidas e um valor médio de 9.87 ± 2.04 gerações conhecidas para toda a população. Estes dados demonstram que no PSL existe um aprofundado conhecimento genealógico, muito superior quando comparado com outras raças de cavalos domésticos (Vicente, Carolino & Gama, 2015b). Por exemplo no Cavalo Árabe Espanhol a percentagem média de informação disponível de pais, avós e bisavós é de 92.0%, 86.6% e 80.8%, respetivamente, e o valor estimado de número médio de gerações conhecidas é de 5.7 (Cervantes, Molina, Goyache, Gutiérrez & Valera, 2008). Por outro lado, no PRE o nível de conhecimento é maior, sendo superior a 90% nas primeiras cinco gerações (Valera, Molina, Gutiérrez, Gómez & Goyache, 2005a).

Ambas as raças (PRE e PSL) têm a mesma origem, mas devido a diferentes objetivos de seleção, evoluíram de forma diferente. Enquanto o PRE foi selecionado pela sua beleza e boa conformação funcional (Bowling & Ruvinsky, 2000), o PSL foi selecionado ao longo de séculos pelo trabalho conjugado de criadores e utilizadores – guerreiros primeiro, caçadores depois e, por fim, por equitadores da corte nos séculos XVIII e XIX, e por cavaleiros tauromáquicos. Foram sobretudo estes utilizadores que mantiveram o essencial do seu modelo morfológico e das suas características de carácter e temperamento, adaptadas a exercícios de grande concentração, flexibilidade e transferências rápidas de equilíbrio horizontal para vertical e vice-versa (Anónimo, 2005).

O PSL é um cavalo com grande procura enquanto cavalo de desporto, lazer e para escolas de equitação. Este continua a surpreender pela sua funcionalidade em disciplinas equestres nomeadamente Saltos de Obstáculos, Equitação de Trabalho, Atrelagem, *Dressage* e Alta Escola. Assim, dada a sua presença em diferentes competições, nacionais e internacionais, em diversas modalidades desportivas e atividades equestres, lado a lado com cavalos líderes de outras raças, o PSL tem vindo a afirmar a sua versatilidade, sendo dotado de grande funcionalidade e polivalência (Cordeiro, 1997 em Minho, 2015).

A criação organizada, tal como é hoje conhecida, iniciou-se em 1748 com a fundação da Coudelaria Real de Alter. Posteriormente, em 1887 é criado pelo Estado o depósito de garanhões e em 1891 o registo de éguas reprodutoras. Apesar da antiguidade da raça, o Livro Genealógico (LG) só foi instituído em 1967, denominado na altura por Registo Genealógico Português de Equinos (Anónimo, 2005) com uma pequena base de animais. Inicialmente o Livro permaneceu aberto para registos de novos cavalos até 1989, e a partir deste ano o Livro foi fechado e apenas cavalos filhos de cavalos já registados no LG eram registados. Desde a criação do LG até aos dias de hoje todos os cavalos e éguas para serem usados na reprodução têm de realizar um teste morfo-funcional que consiste na avaliação da morfologia e dos andamentos por juízes, comparativamente a um padrão da raça (Vicente, 2014). Os juízes atribuem notas numa escala de 1 a 10 em oito parâmetros, “Cabeça e Pescoço”, “Espádua e Garrote”, “Peitoral e Costado”, “Dorso e Rim”, “Garupa”, “Membros”, “Conjunto de Formas” e “Andamentos”. Estes parâmetros apresentam diferentes coeficientes como apresentado na tabela 3. A “Pontuação Total” varia entre os 10 e 100 pontos e resulta do somatório ponderado dos vários parâmetros avaliados (APSL, 2010).

Tabela 3 – Parâmetros avaliados e respetivos coeficientes (adaptado de APSL, 2010).

Parâmetro	Coeficiente
Cabeça e Pescoço	1
Espádua e Garrote	1
Peitoral e Costado	1
Dorso e Rim	1.5
Garupa	1
Membros	1.5
Andamentos	1.5
Conjunto de formas	1.5
Total	10

Recentemente, em 2016, foram aprovadas em Assembleia Geral de criadores alterações ao regulamento do LG do cavalo da raça Lusitana. A partir de 2017, na folha de pontuação de reprodutores, a nota final para o parâmetro “Cabeça e Pescoço” é obtida pela média das notas parciais

atribuídas à Cabeça e Pescoço, a nota final relativa aos “Membros” é agora obtida pela média das notas atribuídas aos Membros Anteriores e Membros Posteriores e relativamente aos “Andamentos” a nota final é a média das notas parciais atribuídas ao Passo, Trote e Galope (APSL, 2016b)

O padrão da raça foi estabelecido em 1967 e desde essa altura a única alteração de relevo relaciona-se com o perfil da cabeça em que no primeiro texto era dito “perfil subconvexo ou reto” e no texto atual passou a “perfil levemente subconvexo, fronte levemente abaulada (sobressaindo entre as arcadas supraciliares)” (Anónimo, 2005). O padrão da raça para o PSL encontra-se descrito na tabela 4.

Tabela 4 – Padrão da raça Puro Sangue Lusitano (APSL, 2010).

TIPO	Eumétrico (peso cerca de 500Kg); mediolíneo; subconvexilíneo (de formas arredondadas), de silhueta inscritível num quadrado.
ALTURA	Média ao garrote, medida com hipómetro, aos 6 anos: fêmeas 1,55m Machos 1,60m.
PELAGEM	As mais frequentes são a ruça e a castanha, em todos os seus matizes.
TEMPERAMENTO	Nobre, generoso e ardente, mas sempre dócil e sofredor.
ANDAMENTOS	Ágeis e elevados, projetando-se para diante, suaves, e de grande comodidade para o cavaleiro.
APTIDÃO	Tendência natural para a concentração, com grande predisposição para exercícios de Alta Escola e grande coragem e entusiasmo nos exercícios de Gineta (combate, caça, toureio, manejo de gado, etc).
CABEÇA	Bem proporcionada, de comprimento médio, delgada e seca, de ramo mandibular pouco desenvolvido e faces relativamente compridas, de perfil levemente subconvexo, fronte levemente abaulada (sobressaindo entre as arcadas supraciliares), olhos sobre o elíptico, grandes e vivos, expressivos e confiantes. As orelhas de comprimento médio, finas, delgadas e expressivas.
PESCOÇO	De comprimento médio, rodado, de crineira delgada, com ligação estreita à cabeça; largo na base e, bem inserido nas espáduas, saindo do garrote sem depressão acentuada.
GARROTE	Bem destacado e extenso, numa transição suave entre o dorso e o pescoço, sempre levemente mais elevado que a garupa. Nos machos inteiros fica “afogado” em gordura, mas destaca-se sempre bem das espáduas.
PEITORAL	De amplitude média, profundo e musculoso.
COSTADO	Bem desenvolvido, extenso e profundo, com costelas levemente arqueadas, inseridas obliquamente na coluna vertebral, proporcionando um flanco curto e cheio.

Tabela 4 (continuação) – Padrão da raça do PSL. (APSL, 2010)

ESPÁDUAS	Compridas, oblíquas e bem musculadas.
DORSO	Bem dirigido, tendendo para o horizontal, servindo de traço de união suave entre o garrote e o rim.
RIM	Curto, largo, musculoso, levemente convexo, bem ligado ao dorso e à garupa com a qual forma uma linha contínua e perfeitamente harmónica.
GARUPA	Forte e arredondada, bem proporcionada, ligeiramente oblíqua, de comprimento e largura de dimensões idênticas, de perfil convexo, harmónico e pontas das ancas pouco evidentes conferindo à garupa uma secção transversal elíptica. Cauda saindo no seguimento da curvatura da garupa, de crinas sedosas, longas e abundantes.
MEMBROS	Braço bem musculado, harmoniosamente inclinado. Antebraço bem aprumado e musculado. Joelho seco e largo. Canelas sobre o comprido, secas e com os tendões bem destacados. Boletos secos relativamente volumosos e quase sem machinhos. Quartelas relativamente compridas e oblíquas. Cascos de boa constituição, bem conformados e proporcionados, de talões não muito abertos e coroa pouco evidente. Nádega curta e convexa. Coxa musculosa, sobre o curto, dirigida de modo a que a rótula se situe na vertical na ponta da anca. Perna sobre o comprido, colocando a ponta do curvilhão na vertical da ponta da nádega. Curvilhão largo, forte e seco. Os membros posteriores apresentam ângulos relativamente fechados.

O PSL tem uma população de cerca de 5000 éguas reprodutoras distribuídas por 32 países, principalmente por Portugal, Brasil e França. No caso de Portugal, os nascimentos ao longo dos anos até 2009 estão concentrados nos distritos de Santarém, Lisboa, Portalegre e Évora. Em termos demográficos tem ocorrido um aumento do efetivo em Portugal e um pouco por todo o mundo, evidenciando a dispersão mundial da raça. Fora de Portugal, aproximadamente 91% dos nascimentos ocorrem no Brasil, França, Espanha e México (Vicente, Carolino & Gama, 2011).

Em termos de poldros registados entre 1967 e 2008, Vicente (2014) observou um aumento até 2004, especialmente após o ano de 1982, explicado pela popularidade da raça como cavalo de lazer e ao sucesso em diversas disciplinas equestres. No período entre 2005 e 2008, em média cada coudelaria inscreveu 2.18 ± 3.62 poldros. Das 700 coudelarias com poldros inscritos, neste período, apenas 303 tinham mais de 2 poldros inscritos.

Desde 1967 até 2008, foram inscritos 4562 garanhões e 11902 éguas (Vicente, Carolino & Gama, 2015a). Atualmente, o PSL tem uma população de 5000 éguas reprodutoras e 1000 garanhões. Comparativamente com outras raças a população de PSL é reduzida, por exemplo no caso da raça Hanoveriano existem cerca de 19 000 éguas reprodutoras e 420 garanhões registados (Hamann & Distl, 2008), na PRE o número de fêmeas é de cerca de 60000 (Azor, 2009 em Vicente 2014) e no Puro

Sangue Inglês o número de nascimentos no ano de 1996 foi de 114026 (Ricard, Brums & Cunningham, 2000). Existem ainda raças com populações menores como a do cavalo Lipizzan que apresenta uma população que ronda os 2000 e 3000 animais (Curik, 2003) e o cavalo Trakehner com 2400 fêmeas reprodutoras ativas (Teegen, Edel & Thaller, 2009).

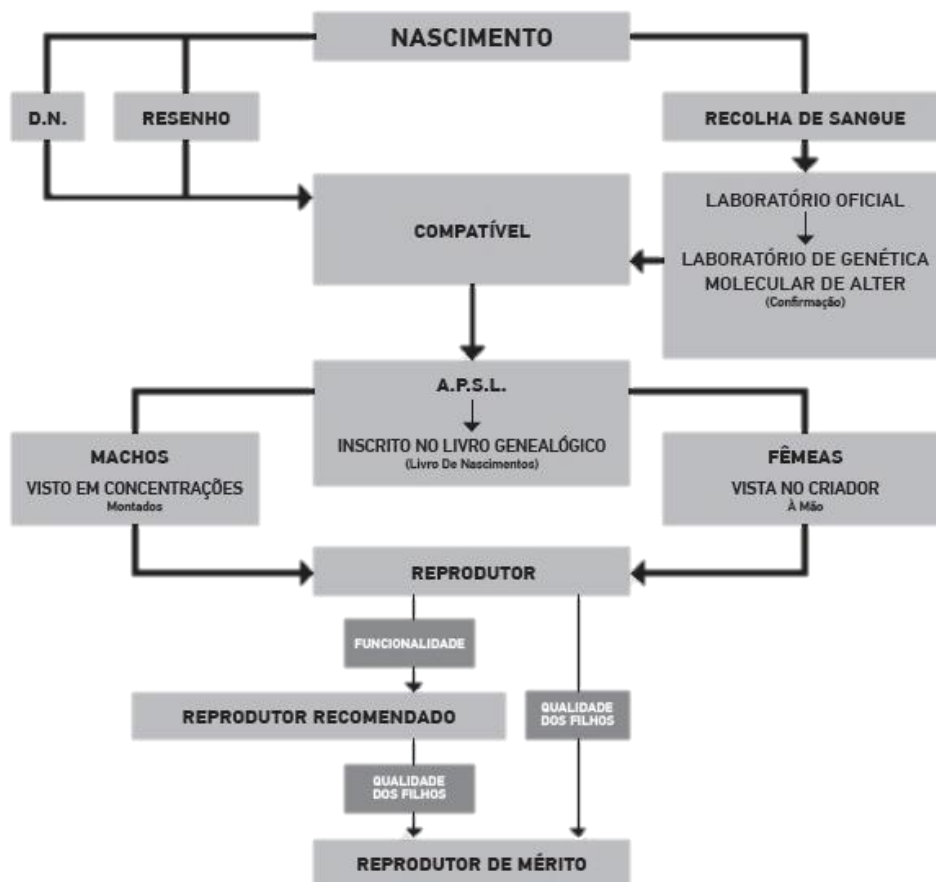
Em termos de relação entre o número de garanhões e éguas reprodutoras, no PSL o rácio existente é de 1 garanhão para 5 éguas (Vicente, 2014) que é bastante inferior ao registado, por exemplo, na raça Hanoveriano que tem um rácio de aproximadamente 1 garanhão para 45 éguas (Hamann & Distl, 2008). No PSL verifica-se um elevado número de machos aprovados em relação ao número de fêmeas reprodutoras, originando uma reduzida intensidade de seleção. O número médio de descendentes por garanhão é de 13.13 ± 22.53 , em que 52% dos garanhões tem menos de 5 descendentes registados. Por outro lado, 56 garanhões são responsáveis por aproximadamente 15% dos nascimentos totais da raça, com uma média de 135 descendentes por garanhão (Vicente, 2014).

Relativamente às éguas, estas apresentam em média 4.00 ± 3.38 poldros registados (Vicente, 2014). De realçar que era de esperar o uso para reprodução dos garanhões com melhores pontuações, contribuindo estes com mais descendentes para as gerações seguintes, algo que não aconteceu pelo menos até 2009 no PSL, constatando-se ainda que existiram 2191 garanhões aprovados que nunca tiveram qualquer filho registado no Livro de Nascimentos (Vicente et al., 2015a).

Em Dezembro de 1989 é constituída a Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro-Sangue Lusitano (APSL) com um número inicial de sessenta criadores. Este é o organismo nacional responsável pela defesa, promoção e divulgação da raça PSL e da gestão do seu LG (APSL, 2010).

O LG possui três registos independentes, designadamente o Livro de Nascimentos, o Livro de Reprodutores e o Livro de Mérito. Na figura 13 encontra-se resumido num diagrama o processo de inscrição nos diferentes registos. A inscrição no Livro de Nascimentos é reservada a animais jovens descendentes de progenitores inscritos no Livro de Reprodutores e só poderá ser efetuada após confirmação da compatibilidade de filiação, que é realizada ou fiscalizada pelo Laboratório de Genética Molecular da Fundação Alter Real (APSL, 2010) desde 1998, por determinação do genótipo com uso de marcadores moleculares (microsatélites). Anteriormente o controlo oficial era realizado com recurso ao hemótipo e antes de 1992 os registos baseavam-se apenas nas declarações de cobrição e nascimento fornecidas pelos criadores (Vicente et al., 2015a).

Figura 13 – Diagrama de registo do Puro Sangue Lusitano (APSL, 2016a).



A inscrição no Livro de Reprodutores destina-se a animais adultos e a aprovação para inscrição decorre em duas fases. A primeira fase é obrigatória, em que os animais são submetidos a provas morfo-funcionais, durante as quais são examinados e pontuados em conformidade com o padrão da raça pela comissão de inscrição. Os candidatos a reprodutores masculinos são obrigatoriamente avaliados montados e as candidatas a reprodutoras femininas são observadas à mão ou em liberdade. A idade mínima é de três anos para as fêmeas e de quatro anos para os machos (APSL, 2010). Isto leva a uma diferença de aproximadamente 2 anos entre a idade das mães e a idade dos pais ao nascimento do seu primeiro filho, que para as fêmeas é de 5.44 ± 2.04 anos e para os machos de 7.30 ± 3.62 anos (Vicente, 2014), uma vez que o nível de preparação requerida para aprovação dos machos requer um tempo superior. A idade média dos garanhões ao nascimento dos seus descendentes é superior à das éguas em 1.5 anos porque os garanhões iniciam e terminam mais tarde a sua utilização em reprodução. No PSL e no geral das raças de cavalos, a utilização prolongada dos reprodutores atrasa o progresso genético (Vicente, 2014).

O intervalo de gerações pode ser definido como a idade média dos pais quando nascem os filhos que os vão substituir (Gama, 2002). No caso dos cavalos, admite-se que os intervalos de geração sejam

longos, entre 8 e 12 anos (Strom & Philipsson, 1978). No PSL é de 10.52 anos, baseado na idade de pais e mães (Vicente, 2014). Outras raças de cavalos de sela apresentam valores semelhantes, como a raça Mangalarga Marchador com 9.49 anos (Mota, Almeida Prado & Sobreiro, 2006), a raça PRE com 10.11 anos (Valera et al., 2005a), a raça Trakehner com 10.2 (Teegen et al., 2009) ou a raça Hanoveriano com 10 anos (Hamann & Distl, 2008).

No final da primeira fase, os animais são classificados como: Reprodutor se obtiverem até 72 pontos (inclusive) e Reprodutor com uma estrela se obtiverem mais de 72 pontos. Os animais inscritos no Livro de Reprodutores podem cobrir até vinte éguas por ano. São reprovados animais cuja pontuação atribuída em qualquer um dos caracteres apreciados corresponda a três notas de seis, duas notas iguais a cinco ou uma nota inferior a cinco (APSL, 2010), sendo a taxa global de reprovação para os machos de 11% e para fêmeas de 1.3% (Vicente, Carolino & Gama, 2011).

A segunda fase, facultativa, é destinada a animais já aprovados como reprodutores, com idade mínima de 6 anos, que são submetidos a quatro provas (prova de morfologia, prova de ensino, prova livre e teste montado). O resultado final é obtido pela média das percentagens das quatro provas, podendo os animais ficar classificados como; Reprodutor duas estrelas se obtiver entre 65% (exclusive) e 80% (inclusive) e Reprodutor três estrelas se obtiver mais de 80 %. Os machos aprovados nesta fase podem cobrir até quarenta éguas por ano (APSL, 2010).

Todos os reprodutores que durante a sua vida obtenham resultados considerados relevantes poderão ser considerados Reprodutor Recomendado, consoante a área onde o animal se destaca, podendo sê-lo em mais do que uma disciplina. Para ser candidato tem de ter no mínimo seis anos de idade e estar inscrito como reprodutor. O Reprodutor Recomendado terá sempre quatro estrelas, seguido da sigla ou siglas das disciplinas nas quais o seu desempenho permitiu que lhe fosse atribuída essa denominação (APSL, 2010).

Por fim, o criador ou proprietário pode submeter o seu animal à classificação de Reprodutor de Mérito. Para tal o cavalo terá que ter idade mínima de nove anos e descendência já inscrita no Livro de Reprodutores, e para obtenção desta classificação são apreciados a consanguinidade, a genealogia, os resultados da descendência e resultados da atividade funcional (APSL, 2010).

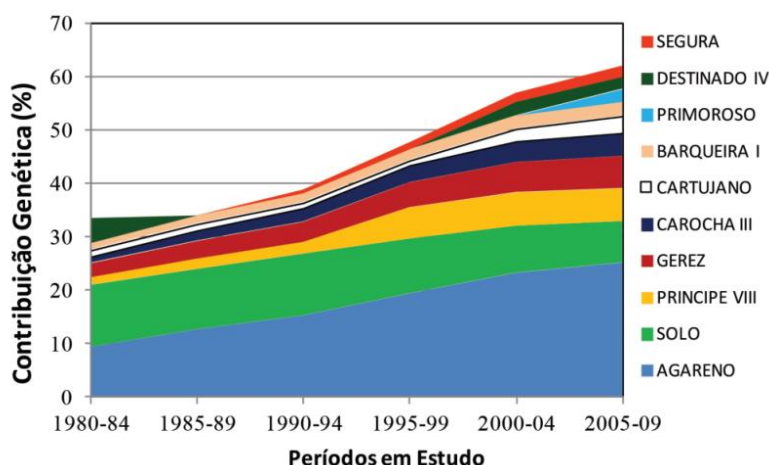
A consanguinidade resulta do acasalamento de indivíduos aparentados, isto é, que têm entre si ascendentes comuns. Esta é exprimida pelo coeficiente de consanguinidade e define-se como a probabilidade de dois alelos no mesmo locus serem iguais por descendência, ou seja, serem cópia de um gene do mesmo ancestral comum (Gama, 2002). Vicente (2014), estimou o coeficiente de consanguinidade médio de cavalos PSL nascidos entre 1924 até 2009, sendo este de 9.92%. Outras raças apresentam valores semelhantes com o PRE com 8.48% (Valera et al., 2005a) e o Lipizzan com 10.81% (Zechner et al., 2002). No PSL o coeficiente de consanguinidade mantinha-se relativamente

estável até 1995, altura em que começou a aumentar até atingir um valor máximo em 2008 de 11.64%. Este aumento deve-se sobretudo ao fecho do LG em 1989, e no período de 2005 a 2009 todos os cavalos apresentam um valor de coeficiente de consanguinidade diferente de zero. A evolução do coeficiente de consanguinidade nas últimas décadas indica que cada vez está a ser mais difícil criar animais com coeficientes de consanguinidade baixos mas, por outro lado, os criadores têm cada vez mais evitado a criação de animais com valores elevados de consanguinidade (Vicente, 2014).

O incremento anual médio de consanguinidade é relativamente baixo (menor que 0.01%) quando considerada toda a população, no entanto, tem aumentado nos últimos anos para atingir um valor de 0.17% no período entre 2005 e 2009. A taxa de consanguinidade, definida como a proporção de heterozigotia existente que é perdida em cada geração (Gama, 2002), no período referido, foi de 1.78% (Vicente, 2014). Em consequência, o tamanho efetivo da população, que é, para uma população com estrutura não ideal (diferenças entre número de machos e fêmeas, acasalamentos não aleatórios e ocorrência de seleção) o número de indivíduos que originariam uma determinada taxa de consanguinidade se a população tivesse uma estrutura ideal (número igual de machos e fêmeas, ausência de seleção e acasalamento aleatório) (Gama, 2002) também foi reduzido durante este período, sendo o valor estimado de aproximadamente 28 (Vicente, 2014). Este valor é baixo tendo em consideração o limite mínimo recomendável de 50 indivíduos, existindo fortes probabilidades de ocorrência de perdas de variabilidade (Food and Agriculture Organization [FAO], 1998). Por exemplo, o tamanho efetivo da população da raça Hanoveriano estimado foi de 372 (Hamann & Distl, 2008) e no cavalo Lipizzan de 102 (Zechner et al., 2002).

Em termos de contribuição genética, o PSL conta com 796 fundadores com um total de 17487 ascendentes para o total de animais registados até 2009. No entanto, 50% do pool genético é devido à contribuição genética de 14 fundadores ou de 6 ascendente, em que os 2 mais influentes fundadores e ascendentes contribuem com 19.88% e 32.97%, respetivamente. Esta contribuição desequilibrada, resulta num número efetivo de fundadores e ascendentes que tem diminuído ao longo dos anos, apresentando atualmente (período entre 2005 e 2009) valores de 27.47 e 11.73 indivíduos, respetivamente, pondo em evidência o uso preferencial de algumas linhas. Por exemplo, o ascendente com maior contribuição genética atualmente (Agareno, coudelaria Manuel Tavares Veiga), que contribui com cerca de 25% para o total da variabilidade genética da raça quando se consideram os animais nascidos no período de 2005 a 2009, mas que entre 1980 e 1984 contribuía apenas com aproximadamente 10% para a variabilidade genética total. Os 10 principais ascendentes (incluindo machos e fêmeas) aumentaram a sua contribuição (figura 14), entre os dois períodos referidos anteriormente, de 37% para 62% (Vicente, 2014).

Figura 14 – Evolução das contribuições genéticas dos 10 principais ascendentes da raça Puro Sangue Lusitano nos últimos 30 anos em períodos de 5 anos. (Vicente, Carolino & Gama, 2015b)



Tendo em conta a redução da diversidade genética no PSL, Vicente (2014) aconselhou que dever ser tomadas medidas de forma a minimizar a consanguinidade e assegurar contribuições genéticas equilibradas de diferentes fundadores e ascendentes com o objetivo de manter a variabilidade genética no futuro.

3.1. Dados biométricos do cavalo Puro Sangue Lusitano

No plano de melhoramento de diversas espécies, encontra-se implementado como objetivo de seleção a inclusão de medidas biométricas, devido às correlações existentes entre estas e as características produtivas (Veerkamp, Gerritsen, Koenen, Hamoen & de Jong, 2002).

No caso dos cavalos, a estreita ligação entre as medidas biométricas, as características dos andamentos e a performance é frequentemente a única ferramenta para o melhoramento genético. Atualmente, a aptidão funcional (performance) é principalmente melhorada através da seleção das medidas lineares e suas proporções, ou seja, a partir da conformação (Sánchez, Gómez, Molina & Valera, 2013). Para além disso, não se pode ignorar a avaliação dos ângulos articulares que influenciam as características dos andamentos e a funcionalidade (Cano, Vivo, Miró, Morales & Galisteo, 2001). Avaliações precisas das medidas biométricas, caracterizadas por uma alta repetibilidade e baixa variabilidade entre observadores, são consideradas as condições ideais para um plano de melhoramento genético (Duensing et al., 2014).

Existe grande variedade de raças de cavalos, estas estão definidas nos seus padrões da raça por caracteres relacionados com a sua conformação. Esta conformação é por vezes condicionante de uma aptidão funcional, pelo que é importante um método que, de uma forma objetiva, permita avaliar o modelo morfológico (Oom, 1992).

As medidas biométricas permitem a caracterização de uma população e por conseguinte a comparação objetiva entre populações. As amostras devem ser homogêneas, adequadas e aleatórias para que o valor estimado de cada parâmetro que caracteriza a população seja o mais aproximado possível do valor real. Com algumas exceções, os criadores têm dificuldade em testar a qualidade dos animais que produzem, tarefa que se torna mais fácil quando os animais apresentam uma aptidão funcional facilmente quantificável, como os cavalos de corrida. No entanto, os criadores deveriam ser capazes de avaliar a conformação do cavalo que produzem, acreditando no princípio “a conformação prediz a performance” (Jones, 1987 em Oom, 1992).

Os trabalhos anteriores sobre os dados quantitativos da morfologia do cavalo Lusitano são escassos. Na literatura encontram-se quatro trabalhos (tabela 5) onde foram estudadas as medidas lineares do PSL. O mais antigo encontra-se descrito em Monteiro (1983) com base em garanhões da coudelaria Nacional, enquanto Oom e Ferreira (1987) trabalharam com animais da coudelaria de Alter Real de ambos os géneros, Oom (1992) utilizou dados relativos aos dois géneros de diferentes coudelarias e Santos (2008) analisou machos de diferentes coudelarias.

Tabela 5 – Medidas lineares em centímetros do Puro Sangue Lusitano.

Autor	Monteiro (1983)	Oom e Ferreira (1987)		Oom (1992)		Santos (2008)
Coudelaria	Nacional	Alter Real		Diversas		Diversas
Género	M	M	F	M	F	M
CCAB	-	61.04±2.11	59.88±1.68	60.8±2.15	60.4±1.88	-
LCAB	-	20.36±0.98	20.05±0.51	20.1±0.69	19.9±0.65	-
ECAB	-	29.68±1.17	29.37±1.05	30.2±1.01	30.1±1.14	-
DTRA	-	13.31±0.94	13.73±0.52	12.6±1.01	12.2±0.99	-
DLON	-	18.38±1.05	18.03±1.02	17.5±0.97	17.2±0.79	-
CPES	-	62.02±2.76	60.13±1.75	63.0±2.93	62.6±2.27	68.96±4.67
AGARR	160.8±4.3	159.75±3.36	156.15±3.84	160.2±3.47	157.0±3.48	151±5.10
ADOR	-	151.27±3.63	148.17±3.76	151.4±3.77	148.7±3.55	-
AGARU	160.2±3.8	159.21±3.62	154.22±3.62	158.4±3.40	154.7±3.50	-
ACAU	-	147.23±4.60	141.00±3.71	147.0±3.76	144.6±3.99	-
CCOR	157.8±4.3	159.27±5.03	157.13±3.76	159.5±4.43	159.4±4.42	140.10±8.00
APEI	67.3±3.8	74.67±2.02	75.03±2.98	75.5±2.21	75.9±2.42	-
LPEI	50.2±4.1	46.10±2.28	41.65±1.61	45.8±2.34	42.9±2.56	-
DBIC	-	-	-	54.8±4.08	54.7±4.86	-
PTOR	182.1±6.1	186.58±5.29	188.10±7.51	185.7±5.90	189.7±7.60	-
AVAZ	88.3±2.4	85.08±2.62	81.28±2.50	84.6±2.34	81.0±2.29	-

CCAB – comprimento da cabeça; LCAB – largura da cabeça; ECAB - Espessura da Cabeça; DTRA - Diâmetro transversal; DLON - Diâmetro longitudinal; CPES – comprimento do pescoço; AGARR – altura ao garrote; ADOR – altura a meio do dorso; AGARU – altura da garupa; ACAU - Altura à inserção da cauda; CCOR - Comprimento do Corpo; APEI- altura do peito; LPEI – Largura do peito; DBIC - Diâmetro Bicostal; PTOR - Perímetro Torácico; AVAZ - Altura do vazio subesternal;

Tabela 5 (continuação) – Medidas lineares do PSL

Autor	Monteiro (1983)	Oom e Ferreira (1987)		Oom (1992)		Santos (2008)
Coudelaria	Nacional	Alter Real		Diversas		Diversas
Género	M	M	F	M	F	M
LGAR	54.2±2.2	55.48±2.32	55.95±2.15	55.0±2.50	54.8±2.48	-
CGAR	54.6±2.4	54.27±1.44	53.65±1.51	54.2±1.61	54.6±2.33	37.15±5.15
CESP	-	67.40±2.48	66.10±2.25	66.9±2.34	66.2±2.34	34.56±2.74
CBRA	-	-	-	-	-	30.44±2.27
ACOD	96.1±2.5	94.54±3.17	90.95±2.45	94.6±2.56	92.3±2.54	-
CANT	-	-	-	-	-	37.36±2.31
PANT	52.9±3.4	38.71±1.84	34.95±1.82	38.4±1.68	35.8±1.80	-
PJOE	32.5±15.4	33.56±1.51	30.88±0.83	33.5±1.23	31.5±1.14	-
CCAN	-	-	-	-	-	22.06±1.51
PCAN	20.1±9.1	20.15±0.68	19.15±0.59	20.1±0.70	19.4±0.76	-
PBOL	-	28.08±1.10	26.76±0.74	27.9±0.94	26.7±0.98	-
ACUR	-	61.13±2.14	59.03±1.75	62.0±1.73	59.8±1.96	-
PCUR	-	43.27±1.94	41.08±1.28	42.8±1.65	40.3±1.45	-

LGAR - Largura da garupa; CGAR - Comprimento da Garupa; CESP - Comprimento da Espádua; CBRA - Comprimento do braço; ACOD - Altura ao codilho; CANT - Comprimento do Antebraço; PANT - Perímetro do Antebraço; PJOE - Perímetro do joelho; CCAN - Comprimento da canela; PCAN - Perímetro da Canela; PBOL - Perímetro do Boleto; ACUR - Altura ao Curvilhão; PCUR - Perímetro do curvilhão.

A comparação entre os diferentes trabalhos deve ser realizada de forma cuidadosa. Vários fatores podem influenciar os resultados, como por exemplo, a amostra de animais selecionados, a metodologia no que se refere à definição das medidas lineares, isto é, nos pontos de referência utilizados e o método de medição.

Relativamente à amostra de animais selecionados, Monteiro (1983) refere que os resultados podem não ser indicativos da média da raça, uma vez que a amostra de animais estudados foi selecionada de um grupo dos melhores animais da coudelaria. Por outro lado, em Monteiro (1983), Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992) os cavalos tinham idades superior a 6 anos enquanto que em Santos (2008) foram estudados animais com 4 anos.

Em termos de definição das medidas lineares, esta não é apresentada em Monteiro (1983) ao contrário do que acontece nos restantes trabalhos e por isso as diferenças podem ou não estar associadas à utilização de pontos de referência diferentes. Esta diferença nos pontos de referência ocorre entre Santos (2008) e Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992), por exemplo, para a altura ao garrote, já que enquanto em Santos (2008) a altura é medida até à coroa do casco, nos outros dois trabalhos é medida até ao solo. Em relação ao método de medição, não existe informação relativa ao método em Monteiro (1983), em Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992) foi aplicado o método manual (medições diretamente no cavalo) e em Santos (2008) foi aplicado um método de vídeo.

III – ANÁLISE DA CONFORMAÇÃO COM BASE EM MÉTODOS OBJETIVOS NO CAVALO PURO SANGUE LUSITANO

1. Objetivos

O presente trabalho teve como principais objetivos:

- A avaliação objetiva da conformação num grupo de cavalos PSL, através da obtenção de medidas lineares, ângulos e razões (proporção entre medidas lineares) pelos métodos de medição clássico (MC) e fotométrico (MF);
- O estudo da influência da idade, género e origem nas medidas lineares, ângulos e razões obtidas;
- A Comparação de dois métodos de medição (MC e MF) na obtenção de medidas lineares.

Como objetivos secundários:

- O estudo das relações entre as variáveis estudadas (medidas lineares, ângulos e razões) e itens de classificação morfológica (avaliação subjetiva pelo método tradicional);
- O estudo das relações entre as variáveis estudadas (medidas lineares, ângulos e razões).

2. Material e métodos

2.1. Material animal

A amostra foi constituída por 51 indivíduos, todos da raça PSL de diferentes classes etárias (tabela 6). Os indivíduos foram agrupados segundo dois critérios, coudelaria e género. A maioria dos animais pertencia à coudelaria Alter Real (n=41) sendo os restantes distribuídos pelas coudelarias da Companhia das Lezírias (n=7), Coudelaria Nacional (n=1), D. Pedro Passante (n=1) e António Castro Palha (n=1), que foram agrupados como “Outra coudelaria” (n=10). A distribuição não foi equitativa entre géneros, obtendo-se uma amostra de 38 machos e 13 fêmeas, não existindo fêmeas de outra origem que não seja a coudelaria de Alter Real e em relação aos machos, 28 são Alter Real e 10 são de outra origem (tabela 6).

Tabela 6 – Distribuição por género e origem dos animais em estudo.

		Género		
		F	M	Total
Origem	Alter	13 (25.5%)	28 (54.9%)	41 (80.4%)
	Outra	0 (0.0%)	10 (19.6%)	10 (19.6%)
	Total	13 (25.5%)	38 (74.5%)	51 (100.0%)

No que se refere à composição etária da amostra (tabela 7). A idade dos animais estava compreendida entre os 4 e 30 anos nos machos e 4 e 25 anos nas fêmeas, sendo de notar um maior número de machos que fêmeas no escalão dos animais mais jovens (< 6 anos). A média de idades de todo o grupo foi de 11.41 ± 7.86 anos, sendo a média nos machos de 10.84 ± 8.02 anos e nas fêmeas de 13.08 ± 7.01 anos.

Tabela 7 – Distribuição por idade e género dos animais em estudo

	<6 anos	6 aos 12 anos	>12 anos	Total
Machos	17 (33.3%)	8 (15.7%)	13 (25.5%)	38 (74.5%)
Fêmeas	1 (1.9%)	6 (11.8%)	6 (11.8%)	13 (25.5%)
Total	18 (35.2%)	14 (27.5%)	19 (37.3%)	51 (100.0%)

2.2. Métodos

2.2.1. Recolha de dados

➤ Método Clássico (MC)

As medições efetuadas foram realizadas do lado esquerdo do animal, numa posição padronizada. Os cavalos encontravam-se numa superfície o mais plana e horizontal possível, tentando obter uma atitude normal e descontraída, com o peso igualmente distribuído pelos membros. Não houve recurso a sedação para a realização das medições.

Para as medições foi utilizado hipómetro, régua e fita métrica, e as medidas foram obtidas em centímetros com uma aproximação de 0.5 cm. Não foi utilizada uma maior precisão, uma vez que os animais tinham de ser mantidos em estação forçada e a colheita de dados tinha de ser relativamente rápida e, por outro lado, as medições realizadas traduziram-se, na sua maioria, em valores relativamente altos, pelo que o possível erro de uma escala mais grosseira deverá ser reduzido.

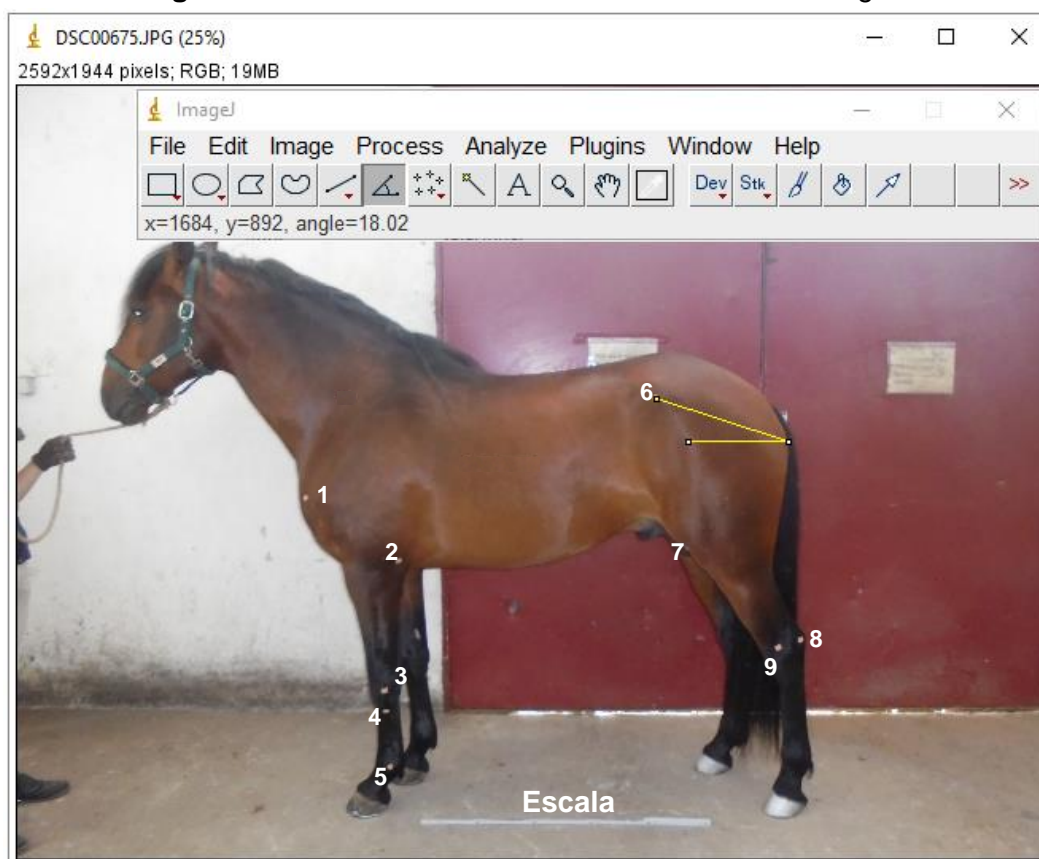
Para uma rigorosa colheita de dados, para além do que já foi referido anteriormente em relação à posição do animal a medir, é também de extrema importância a identificação correta dos pontos de referência que definem cada medida linear, que devem ser fáceis de localizar por palpação e localizar-se junto ao limite externo do osso que os define. Todas as medições obtidas foram realizadas pela mesma pessoa para reduzir o erro nas medições, dado que a sistemática e correta identificação dos pontos de referência só se adquire com a prática (Magnusson & Thafvelin, 1990; Oom, 1992; Weller et al. 2006a).

Os valores recolhidos iam sendo apontados numa ficha construída para o efeito, cada uma com capacidade para 6 animais (anexo 3).

➤ Método Fotométrico (MF)

As medidas lineares e ângulos obtidos a partir das fotografias foram determinados com o auxílio do software ImageJ® (Abràmoff, Magalhães & Ram, 2004), sendo o tratamento de imagem realizado sempre pela mesma pessoa. Antes de ser tirada a fotografia, que foi realizada com recurso a uma câmara fotográfica Sony® de 20.1 megapixels, foram colocados adesivos nos pontos de referência anatómicos do lado esquerdo do animal (figura 15) para melhor identificação dos mesmos na fotografia. Esta marcação foi realizada sempre pelo mesmo indivíduo de forma a reduzir a variabilidade introduzida pela marcação dos pontos de referência anatómicos por diferentes operadores (Weller et al., 2006a). Dentro do possível, os cavalos encontravam-se na mesma posição padronizada utilizada no MC, sem recurso a sedação. Para escala foi utilizada uma régua colocada no chão, junto ao animal, com 102,7 centímetros. Na figura 15 encontra-se um exemplo do processamento de imagem realizado.

Figura 15 –Recolha de dados através do software ImageJ



- 1 – Ponto do ombro (tubérculo maior do úmero); 2 – Ponta do cotovelo (tuberosidade do olecrânio); 3 – Centro do joelho (ao nível do osso acessório do carpo); 4 – Região proximal da canela (região da epífise proximal do 3º metacarpo); 5 – Centro do boleto (região da articulação metacarpo-falângica); 6 – Ponta da anca (tuberosidade coxal); 7 – Soldra (patela); 8 – Ponta do curvilhão (região mais saliente do calcâneo); 9 – Centro do curvilhão (região da tróclea do tálus).

2.2.2. Medidas Biométricas

2.2.2.1. Medidas lineares

As 31 medidas lineares estudadas foram definidas de acordo com a literatura (Brooks et al., 2010; Komosa et al., 2013; Kristjansson et al., 2013; Oom, 1992; Solé, Gómez, Molina, Peña & Valera, 2013a; Zechner et al., 2001), como se encontra representado na Figura 16 e 17. A maioria das medidas foi também obtida pelo MF, sendo excluídos os perímetros e larguras, assim como as medidas referentes à cabeça e pescoço. As medidas obtidas foram especificamente as que se encontram na Tabela 8.

Tabela 8 – Definição das medidas lineares estudadas pelo método clássico e fotométrico.

	Medida	Abreviatura	Definição	Instrumento	Método fotométrico
1	Comprimento da cabeça	CCAB	Distância reta entre o ponto médio da parte mais alta da nuca e a face externa do lábio superior	R	NO
2	Largura da cabeça	LCAB	Distância reta entre as duas cristas zigomáticas tomada logo abaixo dos olhos	R	NO
3	Espessura da cabeça	ECAB	Distância reta tirada na perpendicular entre a parte mais saliente da ganacha e a linha da fronte	R	NO
4	Comprimento do pescoço	CPES	Distância reta entre a parte mais saliente da apófise transversa do atlas e o meio do bordo anterior da espádua	F	NO
5	Perímetro do pescoço	PEPES	Perímetro medido ao nível do ponto médio do pescoço	F	NO
6	Comprimento do corpo	CCOR	Distância reta entre o ponto mais saliente do ombro (tubérculo maior do úmero) e a ponta da nádega (tuberosidade isquiática)	H	O
7	Altura ao garrote	AGARR	Distância perpendicular entre o ponto mais elevado da linha média do garrote e o solo	H	O
8	Altura a meio do dorso	ADOR	Distância perpendicular entre o ponto médio do dorso e o solo	H	O
9	Altura à garupa	AGARU	Distância perpendicular entre o ponto mais elevado da garupa e o solo	H	O
10	Altura à inserção da cauda	ACAU	Distância perpendicular entre o ponto médio da linha de inserção da parte superior do troço da cauda e o solo	H	NO
11	Altura do vazio subesternal	AVAZ	Distância perpendicular entre o ponto mais saliente do peito na sua linha ventral (esterno) e o solo	F	O
12	Altura do peito	APEI	Obtido por subtração da AVAZ à AGARR		O
13	Largura do peito	LPEI	Distância reta entre os pontos mais salientes do ombro (tubérculo maior do úmero)	R	NO

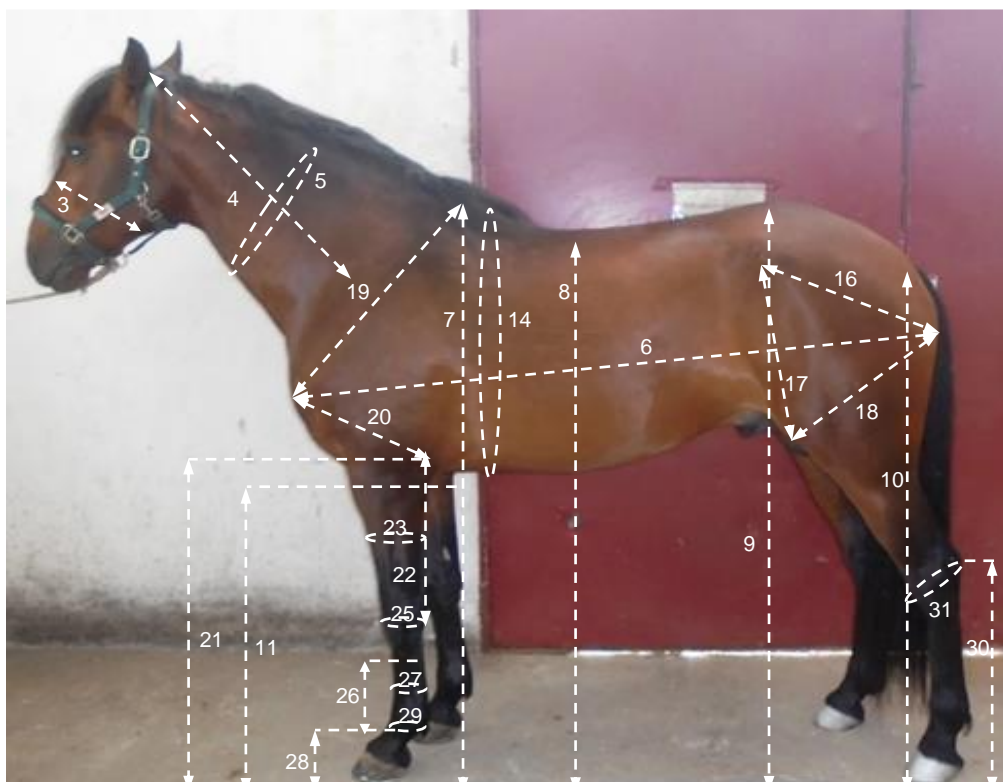
H – Hipómetro; R – Régua; F – Fita Métrica; O – Obtida pelo MF; NO – não obtida pelo MF

Tabela 8 (continuação) – Definição das medidas lineares estudadas pelo método clássico e fotométrico.

	Medida	Abreviatura	Definição	Instrumento	Método fotométrico
14	Perímetro torácico	PETOR	Perímetro medido na vertical, num plano perpendicular ao solo que passa atrás do garrote, no final de uma expiração	F	NO
15	Largura da garupa	LGAR	Distância reta entre as duas pontas da anca (Tuberosidade coxal)	R	NO
16	Comprimento da garupa	CGAR	Distância reta entre a ponta da anca (tuberosidade coxal) e a ponta da nádega (tuberosidade isquiática)	R	O
17	Profundidade da garupa	PFGAR	Distância reta entre a ponta da anca (tuberosidade coxal) e a soldra (patela)	R	O
18	Distância da Soldra à Ponta da Nádega	S_PN	Distância reta entre a soldra (patela) e a ponta da nádega (tuberosidade isquiática)	R	O
19	Comprimento da espádua	CESP	Distância reta entre o garrote e a ponta do ombro (tubérculo maior do úmero)	R	O
20	Comprimento do braço	CBRA	Distância reta entre a ponta do ombro (tubérculo maior do úmero) e a ponta do cotovelo (tuberosidade do olecrânio)	R	O
21	Altura ao codilho	ACOD	Distância perpendicular entre a ponta do cotovelo (tuberosidade do olecrânio) e o solo	R	O
22	Comprimento do antebraço	CANT	Distância reta entre a ponta do cotovelo (tuberosidade do olecrânio) e osso acessório do carpo	R	O
23	Perímetro do antebraço	PEANT	Perímetro tirado ao nível da região mediana do antebraço	F	NO
24	Altura ao joelho	AJOE	Obtido por subtração do CANT à ACOD		O
25	Perímetro do joelho	PEJOE	Perímetro tirado ao nível do osso acessório do carpo	F	NO
26	Comprimento da canela	CCAN	Distância reta entre epífise proximal do 3º metacarpiano e a articulação metacarpo-falângica	F	O
27	Perímetro da canela	PECAN	Perímetro tirado ao nível da região mediana da canela	F	NO
28	Altura ao boleto	ABOL	Distância perpendicular entre o meio do boleto (articulação metacarpo-falângica) e o solo	R	O
29	Perímetro do boleto	PEBOL	Perímetro tirado ao nível da região mais convexa do boleto	F	NO
30	Altura ao curvilhão	ACUR	Distância perpendicular entre a ponta do curvilhão (calcâneo) e o solo (R) (MF).	R	O
31	Perímetro do curvilhão	PECUR	Perímetro tirado ao nível da ponta do curvilhão (calcâneo) e a região mais anterior do mesmo (astrágalo)	F	NO

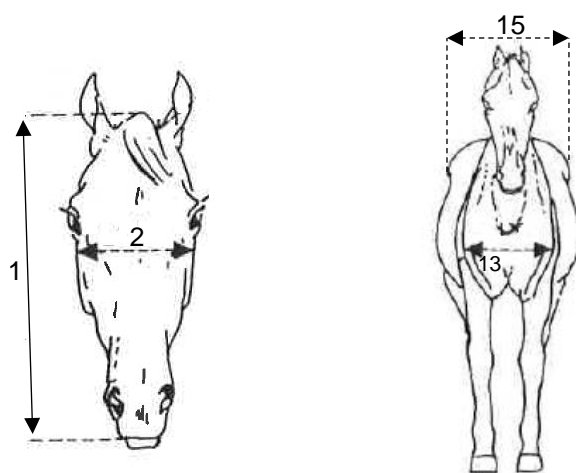
H – Hipómetro; R – Régua; F – Fita Métrica; O – Obtida pelo MF; NO – não obtida pelo MF

Figura 16 – Representação esquemática das medidas lineares recolhidas (v. Tabela 8 para definição de abreviaturas).



3- ECAB; 4- CPES; 5- PEPES; 6- CCOR; 7- AGARR; 8- ADOR; 9- AGARU; 10- ACAU; 11- AVAZ;
14- PETOR; 16- CGAR; 17- PFGAR; 18- S_PN; 19- CESP; 20- CBRA; 21- ACOD; 22- CANT;
23- PEANT; 25- PEJOE; 26- CCAN; 27- PECAN; 28- ABOL; 29- PEBOL; 30- ACUR; 31- PECUR.

Figura 17 – Representação esquemática das medidas lineares recolhidas (v. Tabela 8 para definição de abreviaturas) (adaptado de Oom, 1992).



1 – CCAB; 2 – LCAB; 13 – LPEI; 15 – LGAR.

2.2.2.2. Ângulos

Todos os ângulos foram obtidos através do MF. Os 6 ângulos estudados são definidos como descrito em seguida e encontram-se ilustrados na figura 18 (Cervantes et al., 2009; Kristjansson et al., 2013; Solé et al., 2013a; Solé, Santos, Gómez, Galisteo & Valera, 2013b; Zechner et al., 2001).

- α . Ângulo do ombro – ângulo formado pela escápula e braço. Os pontos de referencia são o ponto mais alto do garrote, ponta do ombro (tubérculo maior do úmero e a ponta do cotovelo (tuberosidade do olecrânio).
- β . Ângulo da espádua – ângulo formado pela escápula e a horizontal. Os pontos de referencia são o ponto mais alto do garrote e ponta do ombro (tubérculo maior do úmero).
- γ . Ângulo do braço – obtido por subtração da Inclinação da espádua ao ângulo do ombro.
- δ . Ângulo da quartela – ângulo formado pela linha que passa pelo meio do boleto e na região do quarto casco com a horizontal.
- ϵ . Ângulo da garupa – ângulo formado pela linha que passa pela ponta da anca (tuberosidade coxal) e ponta da nádega (tuberosidade isquiática) com a horizontal.
- ζ . Ângulo do curvilhão – ângulo formado pela tíbia e metatarso. Os pontos de referencia são a soldra (patela), centro do curvilhão (tróclea do tálus) e o centro do boleto.

Figura 18 – Representação esquemática dos ângulos recolhidas



α - ângulo do ombro; β - ângulo da espádua; γ - ângulo do braço; δ - ângulo da quartela; ϵ - ângulo da garupa; ζ - ângulo do curvilhão.

2.2.2.3. Razões

Com base nas medidas lineares obtidas foram calculadas 38 razões. A expressão de uma variável como proporção de outra(s) tem a vantagem de reduzir a variabilidade das mesmas (Hills, 1978 em Oom, 1992; Mayer et al., 1953 em Oom, 1992) nomeadamente a variabilidade introduzida pelo fato de a amostra incluir animais de classes etárias, origens e géneros diferentes. Um modo simples de diminuir o efeito “escala” de cada variável, para cada indivíduo de uma amostra é exprimir essa mesma variável pela respetiva proporção relativamente a uma medida padrão, tomada no próprio animal (Sneath & Sokal, 1973 em Oom, 1992).

As razões permitem avaliar as proporções corporais, estas evidenciem relações entre as medidas de comprimento, de perímetro e de peso (Oom & Ferreira, 1987). Para certas razões, existe um valor de proporção “ideal” que foi retirado do cânone estabelecido por Bourgelat e seus discípulos com base no cavalo de sela da época, especialmente vocacionado para o trabalho de picadeiro. No nosso caso, foram utilizadas diversas razões retiradas do modelo de Bourgelat e de outros autores mais recentes, como se resume em seguida:

Razões com valor “ideal” de proporção estipulado (entre parêntesis):

1. Comprimento da Cabeça / Largura da Cabeça (CCAB/LCAB): (3)
2. Comprimento da Cabeça / Espessura da Cabeça (CCAB/ECAB): (2)
3. Comprimento do Pescoço / Comprimento da Cabeça (CPES/CCAB): (1)
4. Altura ao Garrote / Comprimento da Cabeça (AGARR/CCAB): (2.5)
5. Comprimento do Corpo / Comprimento da Cabeça (CCOR/CCAB): (2.5)
6. Altura à Garupa / Comprimento da Cabeça (AGARU/CCAB): (2.5)
7. Comprimento da Garupa / Comprimento da Cabeça (CGAR/CCAB): (0.83)
8. Largura da Garupa / Comprimento da Cabeça (LGAR/CCAB): (0.83)
9. Comprimento da Espádua / Comprimento da Cabeça (CESP/CCAB): (1)
10. Altura do Peito / Comprimento da Cabeça (APEI/CCAB): (1.17)
11. Altura do Vazio Subesternal / Comprimento da Cabeça (AVAZ/CCAB): (1.33)
12. Perímetro Torácico / Comprimento da Cabeça (PETOR/CCAB): (2.90)
13. Altura ao Garrote / Comprimento do Corpo (AGARR/CCOR): (1)
14. Altura ao Garrote / Altura à Garupa (AGARR/AGARU): (1)
15. Perímetro Torácico / Altura ao Garrote (PETOR/AGARR): (1.125)
16. Altura do Vazio Subesternal / Altura ao Garrote (AVAZ/AGARR): (≥ 0.50 e ≤ 0.55)
17. Perímetro da Canela / Altura do Vazio Subesternal (PECAN/AVAZ): (0.25)
18. Comprimento da Garupa / Largura da Garupa (CGAR/LGAR): (1)

19. Comprimento do Corpo / Perímetro Torácico (CCOR/PETOR): (≥ 0.86 e ≤ 0.88)
20. Altura do Peito / Altura do Vazio Subesternal (APEI/AVAZ): (≥ 0.85 e ≤ 0.95)
21. Perímetro da Canela / Perímetro Torácico (PECAN/PETOR): (≥ 0.106 e ≤ 0.109)
22. Altura ao Codilho/Somatório dos Perímetros do Joelho, Canela e Boleta (ACOD/SPJCB): (1)
23. Comprimento da Espádua / Altura ao Garrote (CESP/AGARR): (0.4)
24. Comprimento da Garupa / Comprimento do Corpo (CGAR/CCOR): (0.33)
25. Comprimento da Garupa / Profundidade da Garupa (CGAR/PFGAR): (1)
26. Comprimento da Garupa / Distancia entre a Soldra e Ponta da Nádega (CGAR/S_PN): (1)
27. Profundidade da Garupa / Distancia entre a Soldra e a Ponta da Nádega (PFGAR/S_PN): (1)

Razões sem valor de proporção estipulado:

28. Comprimento do Antebraço / Altura ao Garrote (CANT/AGARR)
29. Comprimento do Braço / Altura ao Garrote (CBRA/AGARR)
30. Altura ao Joelho / Altura ao Garrote (AJOE/AGARR)
31. Comprimento da Canela / Altura ao Garrote (CCAN/AGARR)
32. Altura ao Curvilhão / Altura ao Garrote (ACUR/AGARR)
33. Comprimento do Antebraço / Altura ao Joelho (CANT/AJOE)
34. Comprimento do Braço / Altura ao Joelho (CBRA/AJOE)
35. Comprimento da Canela / Altura ao Joelho (CCAN/AJOE)
36. Largura do Peito / Comprimento da Garupa (LPEI/CCOR)
37. Altura ao Joelho / Comprimento do Corpo (AJOE/CCOR)
38. Altura ao Curvilhão / Comprimento do Corpo (ACUR/CCOR)

Tomando como medida padrão o comprimento da cabeça (razões 1 a 12), o modelo de Bourgelat foi bastante criticado por ter-se baseado num tipo muito particular de cavalo (Lesbre, 1906 em Oom, 1992; Marcq et al., 1951 em Oom 1992). Para Oom (1992), a avaliação do modelo do cavalo Lusitano através desta metodologia pode ser realizada, uma vez que este enquadra-se com a forma cavalar que serviu de base ao modelo de Bourgelat.

Para além dos valores de proporção com base no comprimento da cabeça outras foram retiradas do referido cânone (razões 13 a 18) e ainda outras estimadas indiretamente através das proporções estabelecidas (razões 23 a 24). Foram ainda estudados quatro índices zoométricos (relacionados com as classificações étnicas proposta por Baron e Dechambre (Oom, 1992)) que foram convertidos em razões (razões 19 a 22). As proporções referentes ao triângulo funcional da garupa (razões 25 a 27) retiradas de Wardrop (2005b). Em estudo encontram-se também onze razões sem proporção “ideal” estabelecida (razões 28 a 38) retiradas de Komosa e Purzyc (2009).

2.2.3. Classificação morfológica

Utilizou-se a informação registada no Livro Genealógico (LG) relativamente a cada animal, procedente da sua classificação morfológica no momento da inscrição no Livro de Reprodutores. Pesquisou-se a informação existente para cada um dos 51 animais analisados, existindo 24 animais pontuados dos quais 13 são fêmeas e 11 são machos. Os restantes animais não tinham informação disponível por serem demasiado jovens ou por não terem sido inscritos como reprodutores.

A classificação morfológica consiste em 8 itens morfológicos classificados numa escala de 1-10, dos quais 6 correspondem a regiões corporais (“Cabeça e Pescoço”; “Espádua e Garrote”; “Peitoral e Costado”; “Dorso e Rim”; “Garupa”; “Membros”), um à avaliação geral da conformação (“Conjunto de formas”) e um à avaliação funcional (“Andamentos”). A nota atribuída a cada item depende da similaridade/ não similaridade com o padrão da raça. A Pontuação Total varia entre 10 e 100 e é obtida pelo somatório das pontuações dos itens referenciados anteriormente, com ponderação de 0.15 para “Dorso e Rim”, “Membros”, “Andamentos” e “Conjunto de formas” e 0.10 para os restantes.

2.2.4. Análise estatística

Para as análises estatísticas, as variáveis consideradas foram:

- 31 medidas lineares e 38 razões obtidas pelo MC
- 17 medidas lineares e 19 razões obtidas pelo MF
- 17 diferenças entre as medidas lineares obtidas pelos dois métodos
- 6 ângulos obtidos pelo MF
- 9 itens de classificação morfológica quando o animal é inscrito no LG.

Todos os resultados obtidos foram registados no programa Microsoft® Excel (2013) e o tratamento estatístico realizado foi efetuado através do Software informático SAS® 9.3.

Foi aplicada a todas as variáveis uma análise estatística básica para obtenção das estatísticas descritivas.

Ainda a todas as variáveis, foi estudado a normalidade da distribuição através do teste Kolmogorov-Smirnov. Considerou-se que a distribuição se afastava significativamente de uma distribuição normal sempre que $p \leq 0.05$ (nível de significância de 5%).

A análise de variância foi realizado pelo procedimento GLM do SAS®9.3 para estimar os efeitos dos fatores género, origem e idade (covariável linear) sobre as variáveis consideradas, i.e., medidas lineares, ângulos e razões.

As correlações de *Pearson* entre as variáveis estudadas foram obtidas pelo PROC CORR do SAS®9.3. Os diagramas de Bland e Altman (Bland & Altman, 1986), utilizados para a comparação dos dois métodos de medição MC e MF, são gráficos de dispersão XY, no qual o eixo Y representa a diferença

entre as duas medições (MC – MF) e eixo X representa a média dessas medições $((MC + MF)/2)$. Para além da dispersão em cada diagrama é também apresentado a diferença média (\bar{d}) e os limites de concordância.

Os limites de concordância correspondem essencialmente a um intervalo de confiança da diferença, e foram obtidos através da expressão (1) (Lentner, 1982 em Ludbrook, 2002) indicada para amostras com $n < 100$:

$$(1) \quad \bar{d} \pm (t_{0.05,n-1})(s_d)\sqrt{1 + 1/n}$$

onde \bar{d} é a diferença média entre métodos, s_d é o desvio padrão da diferença entre os dois métodos, $t_{0.05,n-1}$ é o valor de t correspondente a $p = 0.05$ para $n - 1$ graus de liberdade e $\sqrt{1 + 1/n}$ é o fator de ajustamento para amostras pequenas.

Relativamente à \bar{d} para cada medida linear foi calculado o intervalo de confiança de 95% através da expressão (2):

$$(2) \quad \bar{d} \pm t_{0.05,n-1}\sqrt{s_d^2/n}$$

Onde $\sqrt{s_d^2/n}$ é o erro padrão da média das diferenças. Este intervalo de confiança vai permitir perceber se o valor de \bar{d} para cada variável estudada é diferente de zero, se no intervalo obtido este não estiver incluído (Ludbrook, 2002).

A percentagem de erro (PE) dos limites de concordância (Critchley & Critchley, 1999) para cada medida linear foi obtido através da expressão (3):

$$(3) \quad PE (\%) = \pm \left((t_{0.05,n-1})(s_d) \right) / \mu \times 100$$

Onde s_d é o desvio padrão da diferença entre os dois métodos, $t_{0.05,n-1}$ é o valor de t correspondente a $p = 0.05$ para $n - 1$ graus de liberdade e μ representa o valor médio entre os dos métodos.

3. Resultados

3.1. Avaliação objetiva da conformação do cavalo Puro Sangue Lusitano

3.1.1. Método clássico

3.1.1.1. Análise descritiva

3.1.1.1.1. Medidas lineares

Na tabela 9 são apresentados os resultados das estatísticas descritivas e valor de *p-value* do teste Kolmogorov-Smirnov para cada uma das medidas lineares dos 51 cavalos, de acordo com a metodologia descrita anteriormente.

Tabela 9 – Estatísticas descritivas e *p-value* do teste normalidade para as medidas lineares obtidas pelo método clássico.

Medida ^a	\bar{x} (cm)	s (cm)	CV (%)	A (min-max) (cm)	<i>p-value</i>
CCAB	62.42	2.93	4.70	15.5 (54.5-70.0)	>0.15
LCAB	19.07	0.71	3.71	4.0 (17.5-21.5)	<0.01
ECAB	29.48	1.44	4.89	6.0 (26.0-32.0)	0.02
CPES	72.01	4.56	6.33	25.0 (60.0-85.0)	0.04
PEPES	108.18	5.94	5.49	26.0(92.0-118.0)	0.09
CCOR	161.80	4.54	2.81	23.5 (150.0-173.5)	0.06
AGARR	160.54	4.11	2.56	19.0 (152.0-171.0)	0.04
ADOR	151.39	4.09	2.70	17.0 (144.0-161.0)	0.14
AGARU	159.15	3.92	2.46	17.0 (152.0-169.0)	>0.15
ACAU	146.11	4.12	2.82	18.0 (138.0-156.0)	>0.15
AVAZ	83.58	3.23	3.86	13.0 (76.0-89.0)	>0.15
APEI	76.96	2.99	3.89	13.5 (71.0-84.5)	>0.15
LPEI	43.61	2.04	4.67	10.0 (39.0-49.0)	0.04
PETOR	192.24	7.33	3.81	33.0 (183.0-216.0)	0.02
LGAR	53.54	2.63	4.91	11.0 (48.0-59.0)	>0.15
CGAR	53.29	1.76	3.31	7.0 (50.0-57.0)	0.01
PFGAR	50.91	1.90	3.73	7.0 (47.0-54.0)	<0.01
S_PN	52.74	2.36	4.47	11.0 (48.0-59.0)	0.01
CESP	67.44	1.86	2.75	7.5 (65.0-72.5)	0.04
CBRA	40.59	1.73	4.25	7.5 (37.5-45.0)	0.03
ACOD	94.26	2.88	3.06	15.0 (86.0-101.0)	>0.15
CANT	43.51	1.85	4.26	7.0 (40.0-47.0)	>0.15
PEANT	38.66	2.32	6.00	10.0 (33.0-43.0)	0.12
AJOE	50.75	2.16	4.26	10.5 (45.5-56.0)	0.01
PEJOE	33.57	1.56	4.66	8.0 (30.0-38.0)	0.06
CCAN	20.41	1.12	5.47	4.5 (18.0-22.5)	<0.01
PECAN	20.52	0.84	4.08	3.5 (19.0-22.5)	0.02
ABOL	19.11	1.85	9.67	9.0 (15.0-24.0)	0.02
PEBOL	28.55	1.21	4.22	5.5 (26.0-31.5)	0.01
ACUR	60.81	2.29	3.77	11.5 (55.5-67.0)	0.04
PECUR	43.32	2.03	4.68	11.0 (37.0-48.0)	0.01

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; CV – Coeficiente de variação

Em relação à distribuição, algumas das variáveis apresentaram um afastamento significativo em relação à normalidade ($p\text{-value} \leq 0.05$), entre elas encontram-se a LCAB, ECAB, CPES, AGARR, LPEI, PETOR, CGAR, PFGAR, S_PN, CESP, CBRA, AJOE, CCAN, PECAN, ABOL, PEBOL, ACUR E PECUR.

De notar, que a LCAB é a medida linear de menor dimensão (19.07 cm) e o PETOR a de maior dimensão (192.24 cm), O coeficiente de variação (CV) médio \pm desvio padrão para o conjunto de variáveis analisadas foi de $4.27 \pm 1.41\%$ variando entre 2.46% (AGARU) e 9.67 % (ABOL), aproximadamente 10% (3/31) das medidas lineares apresentaram CV igual ou superiores a 6% (CPES, PEANT e ABOL).

As medidas lineares que formam a linha de cima (AGARR, ADOR, AGARU e ACAU) são as que apresentam menor CV e a estas juntam-se o CESP e CCOR. Este menor CV poderá querer dizer que estas medidas lineares apresentam pouca variabilidade. De uma forma geral, as medidas de maior dimensão apresentam menores CV e as medidas de menor dimensão apresentam maiores CV com as exceções da LCAB, que é a medida linear de menor dimensão e apresenta um CV baixo, do CPES e PEPES que apresentam CV altos, mas não são as medidas lineares de menor dimensão.

3.1.1.1.2. Razões

A partir das medidas lineares recolhidas nos 51 cavalos foram calculadas individualmente 38 razões como descrito anteriormente, e as estatísticas descritivas e valor de $p\text{-value}$ do teste Kolmogorov-Smirnov encontram-se na Tabela 10. Para 27 razões calculadas existe um valor considerado “ideal” de proporção (P), em relação ao qual foi calculada a percentagem de animais que apresentam uma razão igual ao valor ideal ($\%N=P$) e os que se afastam para baixo e para cima desse valor ($\%N<P$ e $\%N>P$) que são apresentados na tabela 10.

Afastaram-se significativamente ($p \leq 0.05$) da distribuição normal as razões PETOR/CCAB, AGARR/CCOR, AGARR/AGARU, PETOR/AGARR e PFGAR/S_PN.

Relativamente às razões, o valor médio mais baixo foi encontrado para a razão PECAN/PETOR (0.107) e a maior para a razão CCAB/LCAB (3.27). O CV médio \pm desvio padrão para as razões analisadas foi de $4.16 \pm 1.12\%$ variando entre 1.08% (AGARR/AGARU) e 6.02% (CANT/AJOE), tendo aproximadamente 3% (1/38) das razões apresentado CV superiores a 6 % (CANT/AJOE).

Tabela 10 – Estatística descritiva, *p-value* do teste normalidade e percentagem de cavalos com valor igual, acima e abaixo do valor de proporção (P) das razões obtidas pelo método clássico.

Razões ^a	P	\bar{x}	s	CV(%)	A (min-max)	<i>p-value</i>	%N<P	%N=P	%N>P
CCAB/LCAB	3	3.27	0.13	4.00	0.59 (2.98-3.57)	>0.15	2.0	0.0	98.0
CCAB/ECAB	2	2.12	0.08	3.58	0.32 (1.97-2.29)	0.15	3.9	3.9	92.2
CPES/CCAB	1	1.15	0.07	5.72	0.26 (1.03-1.29)	>0.15	0.0	0.0	100.0
AGARR/CCAB	2.5	2.58	0.09	3.62	0.41 (2.38-2.79)	>0.15	19.6	2.0	78.4
CCOR/CCAB	2.5	2.60	0.11	4.07	0.54 (2.38-2.92)	>0.15	19.6	0.0	80.4
AGARU/CCAB	2.5	2.57	0.09	3.54	0.41 (2.38-2.79)	>0.15	19.6	2.0	78.4
CGAR/CCAB	0.83	0.86	0.04	5.12	0.19 (0.76-0.95)	>0.15	25.5	5.9	68.6
LGAR/CCAB	0.83	0.86	0.05	5.44	0.23 (0.75-0.98)	0.08	17.6	3.9	78.4
CESP/CCAB	1	1.08	0.05	4.41	0.21 (1.00-1.21)	0.15	0.0	3.9	96.1
APEI/CCAB	1.17	1.23	0.06	5.18	0.26 (1.13-1.39)	>0.15	15.7	0.0	84.3
AVAZ/CCAB	1.33	1.34	0.06	4.10	0.21 (1.23-1.44)	>0.15	39.2	2.0	58.8
PETOR/CCAB	2.90	3.09	0.17	5.51	0.68 (2.84-3.52)	<0.01	17.6	0.0	82.4
AGARR/CCOR	1	0.99	0.02	1.99	0.11 (0.96-1.07)	<0.01	72.5	9.8	17.6
AGARR/AGARU	1	1.01	0.01	1.08	0.05 (0.99-1.04)	0.01	13.7	21.6	64.7
PETOR/AGARR	1.125	1.20	0.04	3.70	0.20 (1.13-1.33)	<0.01	0.0	0.0	100.0
AVAZ/AGARR	≥ 0.50 ≤ 0.55	0.52	0.01	2.79	0.05 (0.49-0.54)	0.12	5.9	94.1	0.0
PECAN/AVAZ	0.25	0.25	0.01	4.70	0.06 (0.22-0.28)	>0.15	47.1	33.3	19.6
CGAR/LGAR	1	1.01	0.05	5.23	0.20 (0.91-1.11)	>0.15	37.2	5.9	56.9
CCOR/PETOR	≥ 0.86 ≤ 0.88	0.84	0.03	3.73	0.13 (0.76-0.89)	>0.15	66.7	23.5	9.8
APEI/AVAZ	≥ 0.85 ≤ 0.95	0.92	0.05	5.89	0.21 (0.84-1.05)	0.12	3.9	60.8	35.3
PECAN/PETOR	≥ 0.106 ≤ 0.109	0.107	0.01	4.27	0.018 (0.097-0.115)	0.07	41.2	19.6	39.2
ACOD/SPJCB	1	1.14	0.04	3.09	0.14 (1.06-1.20)	>0.15	0.0	0.0	100.0
CESP/AGARR	0.40	0.42	0.01	2.60	0.04 (0.40-0.44)	>0.15	0.0	5.9	94.1
CGAR/CCOR	0.33	0.33	0.01	3.65	0.05 (0.31-0.36)	>0.15	35.3	33.3	31.4
CGAR/PFGAR	1	1.05	0.05	4.72	0.21 (0.96-1.17)	0.10	9.8	17.6	72.5
CGAR/S_PN	1	1.01	0.05	4.72	0.22 (0.90-1.12)	0.12	35.3	15.7	49.0
PFGAR/S_PN	1	0.97	0.06	5.82	0.25 (0.83-1.08)	<0.01	58.82	21.57	19.61
CANT/AGARR		0.27	0.01	3.49	0.04 (0.25-0.29)	>0.15			
CBRA/AGARR		0.25	0.01	3.31	0.04 (0.23-0.27)	>0.15			
AJOE/AGARR		0.32	0.01	3.72	0.06 (0.28-0.34)	>0.15			
CCAN/AGARR		0.13	0.01	4.81	0.03 (0.11-0.14)	>0.15			
ACUR/AGARR		0.38	0.01	2.83	0.04 (0.35-0.39)	0.07			
CANT/AJOE		0.86	0.05	6.02	0.29 (0.73-1.02)	>0.15			
CBRA/AJOE		0.80	0.04	5.04	0.19 (0.71-0.90)	>0.15			
CCAN/AJOE		0.40	0.02	4.76	0.09 (0.35-0.44)	>0.15			
LPEI/CCOR		0.27	0.01	4.27	0.05 (0.25-0.30)	>0.15			
ACUR/CCOR		0.38	0.01	3.13	0.05 (0.35-0.40)	0.13			
AJOE/CCOR		0.31	0.01	4.25	0.08 (0.28-0.36)	0.14			

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; SPJCB – Somatório do perímetro do Joelho, canela e boleto; CV – Coeficiente de variação

3.1.1.2. Efeito da idade, género e origem

O método dos mínimos quadrados foi utilizado para o estudo dos efeitos da idade, género e origem nas diferentes variáveis estudadas, e os resultados respetivos encontram-se nas Tabelas 11 e 12. No que se refere à idade, obteve-se um coeficiente de regressão para cada uma das variáveis morfológicas, o respetivo erro padrão da média e valor de significância. Em relação ao efeito do género e origem, este é avaliado, respetivamente, pelo estudo da diferença em cada uma das variáveis entre machos e fêmeas e entre animais da coudelaria Alter Real e de outras coudelarias.

3.1.1.2.1. Medidas lineares

Os resultados obtidos para os efeitos da idade, género e origem encontram-se na tabela 11. A idade apresentou uma influência significativa na ADOR (-0.164 cm/Ano), AGARU (-0.144 cm/Ano), AVAZ (-0.099 cm/Ano), PECAN (0.030 cm/Ano), e CCAN (-0.044 cm/Ano). O efeito significativo do género registou-se nas seguintes medidas lineares: CCAB, CPES, PEPES, LPEI, PETOR, LGAR, ACAU, PEJOE, PECUR, AVAZ, APEI, PFGAR, ACOD, AJOE, CCAN, ABOL e ACUR, com valores médios superiores nos machos, à exceção de PTOR, LGAR, APEI e PFGAR. As medidas lineares em que se observam diferenças significativas por influência da origem são o CCAB, CPES, ACAU, PEANT, PEJOE, PEBOL, S_PN, ACOD, CANT e AJOE, com valores médios superiores nos animais de origem AR.

Tabela 11 – Estudo do efeito da idade, género e origem nas medidas lineares obtidas pelo método clássico.

Medida ^a	Idade			Género				Origem			
	Coef. reg.	EPM	<i>p-value</i>		Média	EPM	<i>p-value</i>		Média	EPM	<i>p-value</i>
CCAB	0.012	0.051	0.82	F	60.21	0.94	0.03	Alter	62.33	0.47	0.05
				M	62.30	0.52		Outro	60.18	1.01	
LCAB	-0.009	0.013	0.52	F	18.96	0.24	0.59	Alter	19.04	0.12	0.92
				M	19.09	0.13		Outro	19.02	0.26	
ECAB	0.028	0.026	0.29	F	28.66	0.47	0.09	Alter	29.41	0.24	0.22
				M	29.49	0.26		Outro	28.75	0.51	
CPES	0.112	0.074	0.14	F	67.84	1.35	<0.01	Alter	72.04	0.68	<0.01
				M	71.51	0.75		Outro	67.31	1.45	
PEPES	0.028	0.097	0.77	F	105.31	1.78	<0.01	Alter	106.27	0.90	0.11
				M	110.48	0.99		Outro	109.53	1.92	
CCOR	0.012	0.084	0.89	F	159.79	1.53	0.21	Alter	161.69	0.77	0.29
				M	161.74	0.85		Outro	159.85	1.64	
AGARR	-0.087	0.075	0.25	F	159.10	1.37	0.39	Alter	160.59	0.69	0.25
				M	160.30	0.76		Outro	158.80	1.48	
ADOR	-0.164	0.071	0.03	F	149.91	1.30	0.21	Alter	151.12	0.66	0.62
				M	151.60	0.73		Outro	150.39	1.40	
AGARU	-0.144	0.068	0.04	F	157.05	1.24	0.12	Alter	159.07	0.63	0.14
				M	159.02	0.69		Outro	157.00	1.34	

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; EPM – Erro Padrão da Média; Coef. reg. – coeficiente de regressão

Tabela 11 (continuação) – Estudo do efeito da idade, género e origem nas medidas lineares obtidas pelo método clássico.

Medida ^a	Idade			Género				Origem			
	Coef. reg.	EPM	p-value		Média	EPM	p-value		Média	EPM	p-value
ACAU	-0.044	0.072	0.54	F	142.97	1.31	0.04	Alter	146.05	0.66	0.03
				M	145.84	0.73		Outro	142.77	1.41	
AVAZ	-0.099	0.048	0.05	F	80.28	0.89	<0.01	Alter	82.81	0.45	0.28
				M	84.27	0.50		Outro	81.74	0.96	
APEI	0.011	0.050	0.82	F	78.81	0.92	<0.01	Alter	77.78	0.46	0.49
				M	76.03	0.51		Outro	77.07	0.99	
LPEI	0.05	0.035	0.16	F	42.22	0.64	<0.01	Alter	43.22	0.32	0.73
				M	43.98	0.36		Outro	42.98	0.69	
PETOR	0.023	0.124	0.86	F	197.17	2.27	<0.01	Alter	194.05	1.15	0.80
				M	190.28	1.26		Outro	193.40	2.45	
LGAR	0.03	0.047	0.53	F	54.86	0.85	0.04	Alter	53.98	0.43	0.98
				M	53.08	0.47		Outro	53.96	0.92	
CGAR	-0.020	0.032	0.54	F	53.52	0.59	0.96	Alter	53.13	0.30	0.22
				M	53.55	0.33		Outro	53.94	0.64	
PFGAR	0.013	0.032	0.68	F	52.61	0.59	<0.01	Alter	51.21	0.30	0.18
				M	50.69	0.33		Outro	52.09	0.63	
S_PN	0.015	0.042	0.71	F	52.11	0.77	0.87	Alter	53.04	0.40	0.05
				M	52.25	0.43		Outro	51.32	0.83	
CESP	-0.031	0.035	0.37	F	67.73	0.63	0.63	Alter	67.48	0.32	0.77
				M	67.43	0.35		Outro	67.68	0.67	
CBRA	0.006	0.031	0.86	F	40.21	0.58	0.32	Alter	40.40	0.30	0.74
				M	40.80	0.32		Outro	40.62	0.63	
ACOD	-0.023	0.047	0.63	F	90.94	0.85	<0.01	Alter	93.75	0.43	0.03
				M	94.47	0.47		Outro	91.65	0.92	
CANT	0.002	0.033	0.96	F	42.57	0.60	0.33	Alter	43.68	0.30	0.02
				M	43.17	0.33		Outro	42.05	0.65	
PEANT	0.031	0.040	0.44	F	37.41	0.72	0.34	Alter	38.95	0.37	<0.01
				M	38.11	0.40		Outro	36.57	0.78	
AJOE	-0.024	0.034	0.48	F	46.50	0.62	<0.01	Alter	49.72	0.32	<0.01
				M	50.66	0.35		Outro	47.44	0.67	
PEJOE	-0.003	0.025	0.89	F	31.77	0.45	<0.01	Alter	33.37	0.23	0.01
				M	33.65	0.25		Outro	32.05	0.49	
CCAN	-0.044	0.018	0.02	F	19.47	0.33	<0.01	Alter	20.28	0.17	0.12
				M	20.49	0.18		Outro	19.69	0.35	
PECAN	0.030	0.015	0.05	F	20.15	0.27	0.21	Alter	20.51	0.14	0.23
				M	20.50	0.15		Outro	20.15	0.29	
ABOL	-0.033	0.028	0.25	F	17.68	0.52	<0.01	Alter	18.50	0.26	0.42
				M	19.79	0.29		Outro	18.97	0.56	
PEBOL	0.028	0.020	0.18	F	28.02	0.37	0.54	Alter	28.72	0.19	<0.01
				M	28.25	0.21		Outro	27.55	0.40	
ACUR	-0.065	0.036	0.07	F	58.71	0.65	<0.01	Alter	60.26	0.33	0.52
				M	61.34	0.36		Outro	59.79	0.70	
PECUR	-0.003	0.029	0.91	F	40.72	0.53	<0.01	Alter	42.75	0.27	0.11
				M	43.82	0.30		Outro	41.79	0.57	

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; EPM – Erro Padrão da Média; Coef. reg. – Coeficiente de regressão

3.1.1.2.2. Razões

Os resultados obtidos para os efeitos da idade, género e origem nas diferentes razões estudadas encontram-se na tabela 12. O efeito significativo da idade foi observado nas razões AVAZ/CCAB (-0.002 /Ano), PECAN/AVAZ (0.001 /Ano), PECAN/PETOR (0.0002 /Ano) CCAN/AGARR (-0.0002 /Ano), CCAN/AJOE (-0.001/Ano) e ACUR/CCOR (-0.0004 /Ano). As razões que apresentam diferenças significativas entre géneros foram a CCAB/LCAB, AGARR/CCAB, CGAR/CCAB, LGAR/CCAB, CESP/CCAB, APEI/CCAB, PETOR/CCAB, PETOR/AGARR, AVAZ/AGARR, PECAN/AVAZ, CCOR/PETOR, APEI/AVAZ, PECAN/PETOR, AJOE/AGARR, CCAN/AGARR, ACUR/AGARR, CGAR/PFGAR, CANT/AJOE, CBRA/AJOE, LPEI/CCOR ACUR/CCOR, AJOE/CCOR e PFGAR/S_PN, não havendo um padrão consistente de superioridade das razões num dos géneros. Em relação às diferenças devidas à origem estas só ocorreram nas seguintes razões: CCAB/LCAB, CGAR/CCAB, LGAR/CCAB CESP/CCAB, CANT/AGARR, CGAR/CCOR, CGAR/S_PN e PFGAR/S_PN, sem tendência para que uma das origens tivesse sistematicamente valores superiores.

Tabela 12 – Estudo do efeito da idade, género e origem nas razões obtidas pelo método clássico.

Razões ^a	Idade			Género				Origem			
	Coef. reg	EPM	p-value		Média	EPM	p-value		Média	EPM	p-value
CCAB/LCAB	0.002	0.002	0.33	F	3.18	0.04	0.04	Alter	3.27	0.021	0.02
				M	3.26	0.02		Outro	3.16	0.044	
CCAB/ECAB	-0.002	-0.001	0.26	F	2.10	0.03	0.69	Alter	2.12	0.013	0.41
				M	2.11	0.01		Outro	2.10	0.028	
CPES/CCAB	0.002	0.001	0.21	F	1.13	0.02	0.38	Alter	1.16	0.011	0.12
				M	1.15	0.01		Outro	1.12	0.023	
AGARR/CCAB	-0.002	0.002	0.21	F	2.65	0.03	0.02	Alter	2.58	0.015	0.07
				M	2.58	0.02		Outro	2.64	0.032	
CCOR/CCAB	-0.001	0.002	0.78	F	2.66	0.03	0.10	Alter	2.60	0.018	0.13
				M	2.60	0.02		Outro	2.66	0.037	
AGARU/CCAB	-0.002	0.002	0.21	F	2.61	0.03	0.22	Alter	2.56	0.015	0.07
				M	2.58	0.02		Outro	2.63	0.032	
CGAR/CCAB	-0.001	0.001	0.46	F	0.89	0.01	0.04	Alter	0.85	0.007	0.01
				M	0.86	0.01		Outro	0.90	0.015	
LGAR/CCAB	0.0003	0.001	0.70	F	0.91	0.01	<0.01	Alter	0.87	0.007	0.05
				M	0.85	0.01		Outro	0.90	0.015	
CESP/CCAB	-0.001	0.001	0.34	F	1.13	0.01	<0.01	Alter	1.08	0.007	0.01
				M	1.08	0.01		Outro	1.13	0.016	
APEI/CCAB	-0.0001	0.001	0.91	F	1.31	0.02	<0.01	Alter	1.25	0.009	0.12
				M	1.22	0.01		Outro	1.28	0.019	
AVAZ/CCAB	-0.002	0.001	0.04	F	1.34	0.02	0.28	Alter	1.33	0.009	0.12
				M	1.35	0.01		Outro	1.36	0.018	
PETOR/CCAB	-0.0004	0.003	0.87	F	3.28	0.05	<0.01	Alter	3.12	0.025	0.08
				M	3.06	0.03		Outro	3.22	0.053	
AGARR/CCOR	-0.0006	0.0004	0.11	F	1.00	0.01	0.55	Alter	0.99	0.003	0.95
				M	0.99	0.00		Outro	0.99	0.007	
AGARR/AGARU	0.0004	0.0002	0.06	F	1.01	0.00	0.18	Alter	1.01	0.002	0.64
				M	1.01	0.00		Outro	1.01	0.004	

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; EPM – Erro Padrão da Média; Coef. reg. – Coeficiente de regressão;

Tabela 12 (continuação) – Estudo do efeito da idade, género e origem nas razões obtidas pelo método clássico.

Razões ^a	Idade			Gênero				Origem			
	Coef. reg.	EPM	<i>p-value</i>		Média	EPM	<i>p-value</i>		Média	EPM	<i>p-value</i>
PETOR/AGARR	0.001	0.001	0.28	F M	1.24 1.19	0.01 0.01	<0.01	Alter Outro	1.21 1.22	0.007 0.014	0.52
AVAZ/AGARR	-0.0003	0.0002	0.11	F M	0.50 0.53	0.00 0.00	<0.01	Alter Outro	0.52 0.51	0.002 0.004	0.84
PECAN/AVAZ	0.001	0.0002	<0.01	F M	0.25 0.24	0.00 0.00	0.02	Alter Outro	0.25 0.25	0.002 0.003	0.73
CGAR/LGAR	-0.0015	0.001	0.13	F M	1.03 1.01	0.02 0.01	0.27	Alter Outro	1.01 1.03	0.009 0.019	0.41
CCOR/PETOR	-0.00002	0.0005	0.97	F M	0.81 0.85	0.009 0.005	<0.01	Alter Outro	0.83 0.83	0.005 0.010	0.55
APEI/AVAZ	0.001	0.0007	0.09	F M	0.98 0.90	0.014 0.008	<0.01	Alter Outro	0.94 0.94	0.007 0.015	0.8
PECAN/PETOR	0.0002	0.0001	0.04	F M	0.102 0.108	0.011 0.006	<0.01	Alter Outro	0.106 0.104	0.0006 0.001	0.35
ACOD/SPFCB	-0.00001	0.00001	0.10	F M	1.14 1.15	0.001 0.001	0.59	Alter Outro	1.14 1.15	0.0001 0.0001	0.30
CESP/AGARR	0.00003	0.0001	0.86	F M	0.43 0.42	0.004 0.002	0.17	Alter Outro	0.42 0.43	0.002 0.004	0.14
CANT/AGARR	0.0002	0.0002	0.35	F M	0.27 0.27	0.003 0.002	0.59	Alter Outro	0.27 0.26	0.002 0.003	0.04
CBRA/AGARR	0.0002	0.0002	0.25	F M	0.25 0.25	0.003 0.002	0.53	Alter Outro	0.25 0.26	0.001 0.003	0.18
AJOE/AGARR	0.00003	0.0002	0.89	F M	0.31 0.32	0.003 0.002	<0.01	Alter Outro	0.31 0.31	0.002 0.004	0.93
CCAN/AGARR	-0.0002	0.0001	0.05	F M	0.12 0.13	0.002 0.001	<0.01	Alter Outro	0.13 0.12	0.001 0.002	0.28
ACUR/AGARR	-0.0002	0.0002	0.21	F M	0.37 0.38	0.003 0.002	<0.01	Alter Outro	0.38 0.38	0.001 0.003	0.68
CGAR/PFGAR	-0.0007	0.001	0.43	F M	1.02 1.06	0.016 0.009	0.01	Alter Outro	1.04 1.04	0.008 0.017	0.84
CANT/AJOE	0.0003	0.001	0.70	F M	0.88 0.84	0.015 0.009	0.03	Alter Outro	0.87 0.85	0.008 0.017	0.19
CBRA/AJOE	0.0005	0.001	0.53	F M	0.83 0.80	0.013 0.007	0.02	Alter Outro	0.81 0.82	0.007 0.014	0.44
CCAN/AJOE	-0.001	0.0003	0.05	F M	0.40 0.40	0.006 0.003	0.81	Alter Outro	0.40 0.40	0.003 0.007	0.27
LPEI/CCOR	0.0003	0.0002	0.14	F M	0.26 0.27	0.004 0.002	0.04	Alter Outro	0.27 0.27	0.002 0.004	0.68
CGAR/CCOR	-0.0001	0.0002	0.51	F M	0.33 0.33	0.004 0.002	0.38	Alter Outro	0.33 0.34	0.002 0.004	0.05
ACUR/CCOR	-0.0004	0.0002	0.03	F M	0.37 0.38	0.003 0.002	<0.01	Alter Outro	0.37 0.37	0.002 0.004	0.69
AJOE/CCOR	-0.0002	0.0002	0.44	F M	0.30 0.32	0.004 0.002	<0.01	Alter Outro	0.31 0.31	0.002 0.004	0.96
CGAR/S_PN	-0.001	0.001	0.42	F M	1.03 1.03	0.015 0.008	0.86	Alter Outro	1.00 1.05	0.007 0.016	<0.01
PFGAR/S_PN	0.00005	0.001	0.96	F M	1.01 0.97	0.018 0.010	0.04	Alter Outro	0.97 1.02	0.009 0.019	0.02

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; EPM – Erro Padrão da Média; SPJCB – Somatório do perímetro do Joelho, canela e boleto; Coef. reg. – Coeficiente de regressão;

3.1.2. Método fotométrico

3.1.2.1. Análise descritiva

3.1.2.1.1. Medidas lineares

Após o tratamento de imagem de fotografias de 50 animais (exclusão de 1 por dificuldade no posicionamento para a fotografia), realizado de acordo com a metodologia anteriormente descrita, na tabela 13 são apresentadas as estatísticas descritivas e valores de *p-value* do teste Kolmogorov-Smirnov das 17 medidas lineares estudadas por este método.

Todas as medidas, com a exceção da AGARU, apresentaram uma distribuição que não se afasta significativamente da curva normal ($p > 0.05$).

Tabela 13 – Estatística descritiva e *p-value* do teste normalidade das medidas lineares obtidas pelo método fotométrico.

Medida ^a	\bar{x} (cm)	s (cm)	CV (%)	A (min-max) (cm)	<i>p-value</i>
AGARR	160.01	5.03	3.14	23.44 (47.12-170.56)	>0.15
CCOR	164.89	7.32	4.44	30.04 (149.91-179.95)	>0.15
AVAZ	82.65	3.86	4.67	17.00 (72.72-89.72)	>0.15
APEI	77.36	2.80	3.61	13.24 (71.45-84.69)	>0.15
ADOR	150.33	5.21	3.47	25.70 (136.85-162.55)	>0.15
AGARU	158.03	5.23	3.31	32.50 (139.46-171.96)	0.04
CGAR	51.97	3.59	6.90	19.51 (41.09-60.60)	>0.15
PFGAR	52.53	2.37	4.51	10.59 (47.02-57.61)	>0.15
S_PN	52.18	3.32	6.37	14.27 (44.55-58.82)	0.11
CESP	66.43	2.76	4.16	12.94 (60.22-73.16)	>0.15
ACOD	89.54	3.92	4.38	22.46 (77.39-99.85)	>0.15
CBRA	40.39	2.05	5.08	9.69 (35.55-45.24)	>0.15
CANT	42.28	2.22	5.26	9.59 (37.46-47.05)	>0.15
AJOE	47.27	2.44	5.16	13.43 (39.93-53.36)	>0.15
CCAN	19.22	1.07	5.57	4.69 (17.29-21.98)	0.14
ABOL	18.68	1.53	8.22	8.32 (14.54-22.86)	0.12
ACUR	58.11	3.64	6.26	20.22 (46.13-66.35)	0.13

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; CV – Coeficiente de variação

De notar, que a ABOL apresentou a média mais baixa (18.68 cm) e o CCOR a média mais alta (164.89 cm). O CV médio \pm desvio padrão obtido para o conjunto de variáveis analisado foi de $4.97 \pm 1.37\%$ variando entre 3.14 % (AGARR) e 8.22% (ABOL), e aproximadamente 24% (4/17) das medidas lineares apresentaram CV igual ou superiores a 6 % (CGAR, S_PN, ABOL e ACUR). As medidas lineares de maior dimensão apresentam CV menores relativamente às medidas de menor dimensão que apresentam CV maiores.

3.1.2.1.2. Ângulos

Após tratamento de imagem os 6 ângulos estudados foram obtidos, de acordo com a metodologia descrita anteriormente, e na tabela 14 são apresentados os resultados das estatísticas descritivas e valores de *p-value* do teste Kolmogorov-Smirnov. A variação no tamanho da amostra (N) entre os diferentes ângulos estudados deveu-se a que, em alguns casos, o posicionamento do cavalo não era o mais correto para a determinação do ângulo, sendo portanto esse valor rejeitado.

Todos os ângulos estudados apresentaram uma distribuição próxima da normalidade (*p-value* > 0.05).

Tabela 14 – Estatística descritiva e *p-value* do teste de normalidade dos ângulos obtidos pelo método fotométrico.

Ângulo	N	\bar{x} (°)	s(°)	CV (%)	A (min-max)(°)	<i>p-value</i>
Ombro	50	81.05	3.84	4.74	17.42 (71.21-88.63)	>0.15
Espádua	50	53.92	2.93	5.44	14.26 (47.32-61.58)	>0.15
Braço	50	27.14	3.95	14.57	15.38 (19.89-35.27)	>0.15
Quartela	38	55.27	3.39	6.12	12.43 (47.8-60.23)	>0.15
Garupa	42	20.15	4.01	19.92	21.23 (11.41-32.64)	>0.15
Curvilhão	35	141.99	3.40	2.39	17.92 (132.93-150.85)	>0.15

N – Tamanho da amostra; CV – Coeficiente de variação

De notar que o menor ângulo medido corresponde à garupa (20.15°) e o maior ao curvilhão (141.99°). O CV médio \pm desvio padrão obtido foi de $8.86 \pm 6.83\%$ variando entre 2.39% (curvilhão) e 19.92% (garupa). O CV do ângulo do braço destaca-se também dos restantes, apresentado um valor de 14.57%. Os restantes ângulos apresentam CV que variam entre 4.74% (ombro) e 6.12% (quartela).

Foram estimadas as correlações de *Pearson* entre ângulos, e os resultados encontram-se na tabela 15. Os ângulos mais fortemente associados foram entre o braço e o ombro, com uma correlação de 0.72, enquanto a quartela teve uma correlação negativa com a maioria dos outros ângulos.

Tabela 15 – Coeficientes de correlação de *Pearson* entre ângulos (número de observações entre parenteses).

	Curvilhão	Ombro	Espádua	Braço	Garupa
Quartela (N)	-0.47* (28)	-0.34* (38)	0.09 ^{ns} (38)	-0.39* (38)	-0.21 ^{ns} (33)
Curvilhão (N)		0.35* (35)	0.35* (35)	0.06 ^{ns} (35)	0.27 ^{ns} (35)
Ombro (N)			0.34* (50)	0.72**** (50)	0.18 ^{ns} (42)
Espádua (N)				-0.41** (50)	0.23 ^{ns} (42)
Braço (N)					0.004 ^{ns} (42)

Níveis de significância estatística: ns – não significativa; **p*<0.05; ***p*<0.01; ****p*<0.001; *****p*<0.0001

As correlações significativas entre ângulos e as restantes variáveis estudadas obtidas pelo MC (medidas lineares e razões) encontram-se sumarizadas na tabela 16.

Tabela 16 – Medidas lineares e razões com coeficientes de correlação de *Pearson* significativos com os ângulos

Ângulo	Ombro	Espádua	Braço	Quartela	Garupa	Curvilhão
Correlação	Negativa	LGAR (-0.32) PECAN/AVAZ (-0.33) CESP/AGARR (-0.29) CBRA/AGARR (-0.32) CBRA/AJOE (-0.28)	PECUR (-0.32) AVAZ (-0.36) ACOD (-0.39) AJOE (-0.61) ABOL (-0.50) ACUR (-0.29) AVAZ/AGARR (-0.51) AJOE/AGARR (-0.70) ACUR/AGARR (-0.41) ACUR/CCOR (-0.49) AJOE/CCOR (-0.68)	PFGAR (-0.36)	CCOR (-0.34) CGAR/PFGAR (-0.33)	CGAR (-0.38) CGAR/CCAB (-0.43) ACUR/AGARR (-0.36) CGAR/PFGAR (-0.58) CGAR/CCOR (-0.44)
Positiva	PETOR (0.37) APEI (0.31) PFGAR (0.32) APEI/CCAB (0.38) PETOR/CAB (0.39) PETOR/AGARR (0.36) CANT/AJOE (0.48) CBRA/AJOE (0.33) CCAN/AJOE (0.30)	AVAZ/CCAB (0.29) AGARR/CCOR (0.36) ACUR/CCOR (0.32)	PETOR (0.48) LGAR (0.30) APEI (0.4) PFGAR (0.29) LGAR/CCAB (0.33) APEI/CCAB (0.36) PETOR/CCAB (0.39) PETOR/AGARR (0.49) PECAN/AVAZ (0.37) CANT/AJOE (0.50) CBRA/AJOE (0.53)	CCAB/ECAB (0.39) AVAZ/AGARR (0.32) ACUR/AGARR (0.39) ACUR/CCOR (0.46)	PFGAR (0.38) AGARR/CCOR (0.40) PFGAR/S_PN (0.47)	PFGAR (0.36)

Entre () valor do coeficiente de correlação de *Pearson*

Os resultados desta análise de correlação indicam que os ângulos do ombro e braço são que aqueles que apresentam maior associação com as medidas lineares e razões estudadas, enquanto o ângulo da quartela e da garupa são os que menos associações apresentam.

3.1.2.1.3. Razões

Na Tabela 17 apresentam-se as estatísticas descritivas e testes de normalidade para as 19 razões calculadas pelo método fotométrico, em que para 9 delas é considerado um valor ideal de proporção (P), em relação ao qual será calculado a percentagem de animais que apresentam o valor proposto (%N=P) e os que se afastam para baixo e para cima desse valor (%N<P e %N>P).

Apenas a AGARR/AGARU e CCAN/AJOE se afastaram significativamente da normalidade ($p \leq 0.05$).

Tabela 17 – Estatística descritiva, *p-value* do teste de normalidade e percentagem de cavalos com valor igual, acima e abaixo do valor de proporção ideal (P) das razões obtidas pelo método fotométrico.

Razões ^a	P	\bar{x} (cm)	s (cm)	CV (%)	A (min-max) (cm)	<i>p-value</i>	%N<P	%N=P	%N>P
AGARR/CCOR	1	0.97	0.03	3.47	0.14 (0.90-1.03)	>0.15	74.0	10.0	16.0
AGARR/AGARU	1	1.01	0.03	2.58	0.12 (0.96-1.08)	0.02	24.0	16.0	60.0
AVAZ/AGARR	≥ 0.50 ≤ 0.55	0.52	0.01	2.69	0.07 (0.49-0.55)	>0.15	6.0	94.0	0.0
APEI/AVAZ	≥ 0.85 ≤ 0.95	0.94	0.05	5.32	0.25 (0.80-1.05)	>0.15	4.0	60.0	36.0
CESP/AGARR	0.40	0.42	0.02	3.75	0.07 (0.39-0.46)	0.14	10.0	14.0	76.0
CGAR/CCOR	0.33	0.32	0.02	6.25	0.10 (0.26-0.36)	>0.15	58.0	4.0	38.0
CGAR/PFGAR	1	0.99	0.06	6.52	0.28 (0.82-1.10)	>0.15	66.0	20.0	14.0
CGAR/S_PN	1	1.00	0.06	5.73	0.27 (0.85-1.12)	>0.15	44.0	6.0	50.0
PFGAR/S_PN	1	1.01	0.07	6.52	0.27 (0.87-1.15)	>0.15	48.0	0.0	52.0
CANT/AGARR		0.26	0.01	3.85	0.05 (0.24-0.29)	>0.15			
CBRA/AGARR		0.25	0.01	4.27	0.04 (0.23-0.27)	>0.15			
AJOE/AGARR		0.30	0.01	3.93	0.06 (0.27-0.32)	>0.15			
CCAN/AGARR		0.12	0.01	4.50	0.03 (0.11-0.14)	0.11			
ACUR/AGARR		0.36	0.02	5.78	0.10 (0.30-0.41)	>0.15			
CANT/AJOE		0.90	0.05	5.70	0.24 (0.78-1.03)	>0.15			
CBRA/AJOE		0.86	0.05	5.47	0.20 (0.75-0.95)	>0.15			
CCAN/AJOE		0.41	0.02	4.58	0.09 (0.36-0.45)	<0.01			
ACUR/CCOR		0.35	0.03	7.21	0.12 (0.29-0.42)	>0.15			
AJOE/CCOR		0.29	0.02	5.33	0.07 (0.25-0.33)	>0.15			

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; CV – Coeficiente de Variação

Relativamente às razões, o valor mais baixo foi encontrado para a razão CCAN/AGARR (0.12) e a maior para as razões AGARR/AGARU e PFGAR/S_PN (1.01). O CV médio \pm desvio padrão obtido foi de $4.93 \pm 1.33\%$ variando entre 2.58 (AGARR/AGARU) e 7.21 (ACUR/CCOR), aproximadamente 21% (4/19) das razões apresentaram CV superiores a 6 % (CGAR/CCOR, CGAR/PFGAR, PFGAR/S_PN e ACUR/CCOR).

3.1.2.2. Efeito da idade, gênero e origem nos ângulos obtidos pelo Método Fotométrico
3.1.2.2.1. Ângulos

Os resultados obtidos para os efeitos da idade, gênero e origem encontram-se na tabela 18. Nos ângulos analisados, a idade teve uma influência significativa apenas no ângulo da quartela (-0.164 %/Ano). Relativamente às diferenças entre gêneros, todos os ângulos apresentaram diferenças significativas com a exceção do ângulo da espádua e da garupa, com tendência para se observarem ângulos mais abertos nas fêmeas, com exceção da quartela. No que diz respeito à origem dos animais, os ângulos que apresentaram diferenças significativas foram o ângulo da garupa e ângulo do curvilhão, tendo os animais de origem Alter Real apresentado um ângulo do curvilhão mais aberto.

Tabela 18 – Estudo do efeito da idade, gênero e origem nos ângulos obtidos pelo método fotométrico.

Ângulo	Idade			Gênero				Origem					
	Coef. Reg.	EPM	<i>p-value</i>		N	Média	EPM	<i>p-value</i>		N	Média	EPM	<i>p-value</i>
Ombro	-0.089	0.061	0.15	F	12	84.38	1.12	<0.01	Alter	40	82.48	0.57	0.44
				M	38	79.63	0.61		Outro	10	81.54	1.18	
Espádua	-0.041	0.055	0.45	F	12	53.62	1.01	0.50	Alter	40	53.58	0.51	0.49
				M	38	54.31	0.55		Outro	10	54.35	1.07	
Braço	-0.048	0.057	0.41	F	12	30.76	1.06	<0.01	Alter	40	28.90	0.54	0.14
				M	38	25.31	0.57		Outro	10	27.18	1.11	
Quartela	-0.164	0.058	0.01	F	9	53.52	1.15	0.05	Alter	30	54.57	0.59	0.79
				M	29	55.94	0.61		Outro	8	54.89	1.19	
Garupa	0.074	0.076	0.34	F	10	22.84	1.50	0.23	Alter	36	20.07	0.72	0.04
				M	32	21.09	0.87		Outro	6	23.87	1.73	
Curvilhão	0.107	0.056	0.07	F	6	144.22	1.28	< 0.01	Alter	30	143.80	0.61	0.02
				M	29	140.14	0.66		Outro	5	140.57	1.35	

EPM – Erro Padrão da Média; Coef. reg. – Coeficiente de regressão;

3.2. Classificação morfológica e relação com medidas objetivas

Na Tabela 19 encontram-se as estatísticas descritivas e teste de normalidade para os itens de classificação morfológica, incluindo 6 itens correspondentes a regiões corporais (“Cabeça e Pescoço”; “Espádua e Garrote”; “Peitoral e Costado”; “Dorso e Rim”; “Garupa”; “Membros”), uma avaliação da conformação geral (“Conjunto de formas”), uma avaliação funcional (“Andamentos”) e uma “Pontuação Total”.

Tabela 19 – Estatísticas descritivas e *p-value* do teste de normalidade dos itens de classificação morfológica.

	\bar{x}	s	CV (%)	A (m-M)	<i>p-value</i>
Cabeça e Pescoço	7.13	0.61	8.59	2 (6-8)	<0.01
Espádua e Garrote	7.79	0.41	5.32	1 (7-8)	<0.01
Peitoral e Costado	7.71	0.75	9.74	3 (6-9)	<0.01
Dorso e Rim	6.88	0.61	8.91	3 (5-8)	<0.01
Garupa	7.42	0.58	7.87	2 (6-8)	<0.01
Membros	6.46	0.59	9.11	2 (5-7)	<0.01
Conjunto de Formas	7.12	0.54	7.53	2 (6-8)	<0.01
Andamentos	7.54	0.72	9.56	3 (6-9)	<0.01
Pontuação total	72.04	3.69	5.12	16.5 (63-79.5)	>0.15

CV – Coeficiente de Variação

As classificações morfológicas do grupo em estudo foram analisadas e observou-se que apenas a pontuação total segue uma distribuição normal ($p > 0.05$), encontrando-se no Anexo 4 a distribuição das observações para os itens classificados. O valor médio das classificações variou entre 6.88 (“Dorso e Rim”) e 7.79 (“Espádua e Garrote”), com a exceção do item “Membros” que apresentou a média de 6.46. A pontuação mínima registada foi de 5 no “Dorso e Rim” e “Membros” e a máxima de 9 no “Peitoral e Costado” e “Andamentos”. Na amostra estudada, a menor amplitude foi de 1 para a “Espádua e Garrote” e a maior de 3 nos itens “Peitoral e Costado”, “Dorso e Rim” e “Andamentos”.

A influência da idade, origem e género em cada item de classificação morfológica foi também estudada, encontrando-se os resultados no Anexo 5. Nenhum item de classificação morfológica se apresentou influenciado significativamente pelos fatores idade e origem. No que respeita ao género, existiram diferenças significativas ($p \leq 0.05$) entre machos e fêmeas no “Conjunto de formas”, “Andamentos” e “Pontuação Total”. Nos três casos as fêmeas apresentaram sempre superioridade.

As correlações de *Pearson* entre itens de classificação morfológica nos 24 animais estudados encontram-se na tabela 20.

Tabela 20 – Coeficientes de correlação de *Pearson* entre itens de classificação morfológica

	Cabeça e Pescoço	Espádua e Garrote	Peitoral e Costado	Dorso e Rim	Garupa	Membros	Andamentos	Conjunto de Formas	Pontuação total
Cabeça e Pescoço	1	0.11 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.61**	0.47*
Espádua e Garrote		1	0.22 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.35 ^{ns}
Peitoral e Costado			1	0.48*	0.19 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.47*	0.31 ^{ns}	0.61**
Dorso e Rim				1	0.40 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.62**
Garupa					1	0.18 ^{ns}	0.47*	0.38 ^{ns}	0.60**
Membros						1	0.21 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.51*
Andamentos							1	0.60**	0.76****
Conjunto de Formas								1	0.77****
Pontuação total									1

Níveis de significância estatística: ns – não significante; * $p \leq 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$

Entre alguns itens morfológicos observaram-se correlações estatisticamente significativas e positivas, sendo a correlação mais forte encontrada entre “Pontuação Total” e “Conjunto de Formas” ($r=0.77$) e as correlações mais fracas com um coeficiente de correlação de 0.47 entre “Andamentos” – “Peitoral e Costado”, “Andamentos” – “Garupa” e “Cabeça e Pescoço” – “Pontuação total”.

A “Pontuação Total” apresentou correlações significativas com todos os restantes itens de classificação (como seria de esperar dado que a “Pontuação total” é o somatório ponderado das classificações parciais) com a exceção da “Espádua e Garrote”, que não registou correlação significativa com nenhum outro indicador.

Relativamente às correlações entre as classificações morfológicas e medidas lineares, razões e ângulos, as correlações significativas são apresentadas na tabela 21.

Tabela 21 – Medidas lineares, razões e ângulos com coeficientes de correlação de Pearson significativos com os itens de classificação morfológicos.

Itens de classificação morfológicos	Correlações significativas	
	Negativas	Positivas
Cabeça e Pescoço	CPES (-0.53) CPES/CCAB (-0.46)	
Espádua e Garrote	CCAB/ECAB (-0.55) AGARR/CCOR (-0.43) AJOE/AGARR (-0.44) AJOE/CCOR (-0.61)	CANT (0.43) CANT/AJOE (0.51) CANT/AGARR (0.45)
Peitoral e Costado	PEPES (-0.49) AJOE/AGARR (-0.50) LPEI/CCOR (-0.53) AJOE/CCOR (-0.41)	LCAB (0.43) PEBOL (0.46) AGARR (0.46) APEI (0.61) PFGAR (0.55) APEI/CCAB (0.42) AGARR/AGARU (0.48) PECAN/PETOR (0.67)
Dorso e Rim		PFGAR (0.43)
Garupa		Ângulo da quartela (0.60)
Membros	ADOR (-0.48)	
Conjunto de Formas	CPES (-0.44)	CESP/CCAB (0.41) CESP/AGARR (0.43)
Andamentos	AVAZ/AGARR (-0.47) AJOE/AGARR (-0.41) ACUR/AGARR (-0.43) ACUR/CCOR (-0.42) AJOE/CCOR (-0.45) PECAN/PETOR (-0.41)	PETOR (0.43) APEI (0.42) CBRA/AJOE (0.44) APEI/AVAZ (0.47)
Pontuação total		APEI/AVAZ (0.41)

Entre () valor do coeficiente de correlação de *Pearson*

Os itens de classificação morfológica com maior número de correlações significativas foram o “Peitoral e Costado” e os “Andamentos”. Contudo, há que ter em conta que o reduzido número de animais com classificações (n=24) requer alguma moderação na extrapolação dos resultados.

3.3. Comparação das medidas lineares obtidas pelo método clássico e fotométrico

3.3.1. Diferenças – Análise descritiva

Para esta avaliação calculou-se a diferença média ($\bar{d} = MC - MF$), em cada um dos 50 cavalos, entre o resultado obtido pelo MC (anexo 6) e o MF para cada medida linear. Na Tabela 22 encontram-se os resultados das estatísticas descritivas, teste de normalidade e o erro na estimação (em percentagem calculado pela divisão do valor médio da diferença pelo valor obtido pelo método padrão - MC). Adicionalmente foi também calculado o valor médio das diferenças em valor absoluto e respetivo erro de estimação.

Em termos de normalidade das distribuições apenas três medidas lineares (CCOR, AGARU e CGAR) se afastam significativamente da distribuição normal.

Tabela 22 – Estatística descritiva, *p-value* do teste de normalidade e erro de estimação para o valor de diferença entre o método clássico e fotométrico para cada medida linear.

Medida ^a	\bar{d} (cm)	s_d (cm)	A (min-max) (cm)	<i>p-value</i>	Erro \bar{d} (%)	$ \bar{d} $ (cm)	$s_{ \bar{d} }$ (cm)	Erro $ \bar{d} $ (%)
AGARR	0.58	3.37	15.96 (-6.68-9.28)	>0.05	0.36	2.62	2.17	1.63
CCOR	-2.95	5.61	23.48 (-12.16-11.31)	0.04	-1.82	5.42	3.22	3.35
AVAZ	0.98	2.28	10.13 (-3.48-6.65)	>0.05	1.17	2.05	1.37	2.45
APEI	-0.40	2.80	13.05 (-5.26-7.78)	>0.05	-0.52	2.23	1.71	2.89
ADOR	1.13	3.41	14.81 (-4.81-10.00)	>0.05	0.75	2.82	2.18	1.86
AGARU	1.20	3.51	15.78 (-3.24-12.54)	<0.01	0.75	2.43	2.79	1.52
CGAR	1.35	3.47	18.02 (-5.10-12.91)	0.02	2.53	2.46	2.78	4.62
PFGAR	-1.62	2.04	9.08 (-5.80-3.28)	>0.05	-3.19	2.01	1.64	3.95
S_PN	0.45	2.83	12.91 (-4.46-8.45)	>0.05	0.86	2.28	1.70	4.33
CESP	1.02	2.79	12.65 (-4.16-8.49)	>0.05	1.51	2.21	1.96	3.28
ACOD	4.77	2.83	13.12 (-2.40-10.72)	>0.05	5.05	4.89	2.61	5.18
CBRA	0.25	1.51	7.26 (-2.61-4.65)	>0.05	0.61	1.17	0.96	2.89
CANT	1.18	2.02	10.25 (-5.05-5.20)	>0.05	2.73	1.85	1.41	4.27
AJOE	3.58	2.27	10.12 (-1.48-8.64)	>0.05	7.04	3.64	2.16	7.17
CCAN	1.20	1.18	5.99 (-1.32-4.67)	>0.05	5.88	1.40	0.92	6.88
ABOL	0.41	1.12	5.09 (-2.15-2.94)	>0.05	2.17	0.96	0.71	5.01
ACUR	2.70	2.68	11.55 (-1.85-9.70)	>0.05	4.43	2.92	2.43	4.81

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas; \bar{d} – média obtida a partir das diferenças em valor real;

$|\bar{d}|$ – média obtida a partir das diferenças em valor absoluto

Em média, a maior diferença negativa (-2.95 cm), em que o MF sobrestima o valor de referência, foi observada no CCOR e a maior diferença positiva (4.77 cm), em que MF subestima o valor de referência, foi observada na ACOD. Diferenças médias negativas ocorreram em 3 das 17 medidas lineares obtidas (CCOR, PFGAR e APEI). O erro da estimação (em valor absoluto) para as diferentes variáveis

analisadas foi de $2.43 \pm 2.05\%$, variando entre 0.36% (AGARR) e 7.04% (AJOE), havendo erro inferior a 2% em cerca de 53% (9/17) e erro superior a 5% em cerca de 18% (3/17) das medidas lineares estudadas (ACOD, AJOE e CCAN).

A média das diferenças em valor absoluto para cada uma das medidas lineares foi de 2.55 ± 1.18 cm, variando entre 0.96 cm (ABOL) e 5.42 cm (CCOR). O CBRA, CANT, CCAN e ABOL apresentam diferenças médias inferiores a 2 cm e o CCOR, ACOD e AJOE apresentam diferenças superiores a 3 cm, assim sendo cerca de 59% (10/17) das medidas lineares apresentam diferenças médias entre 2 e 3 cm. No que diz respeito ao erro de estimação, em média foi de $3.89 \pm 1.66\%$ variando entre 1.52% (AGARU) e 7.17% (AJOE). Com erro inferior a 2% encontram-se cerca de 18% (3/17) das medidas lineares (AGARR, ADOR e AGARU) e com erro superior a 5% encontram-se cerca de 24% (4/17) das medidas lineares (ACOD, AJOE, CCAN e ABOL).

3.3.2. Análise de concordância entre os dois métodos

Para avaliar a concordância dos dois métodos, construiu-se para cada medida linear (figura 19) um diagrama de Bland e Altman (Bland & Altman, 1986). Para além da dispersão em cada diagrama é também apresentado a \bar{d} (tabela 22) e os limites de concordância (anexo 7).

Figura 19 – Diagramas de Bland e Altman referentes às medidas lineares.

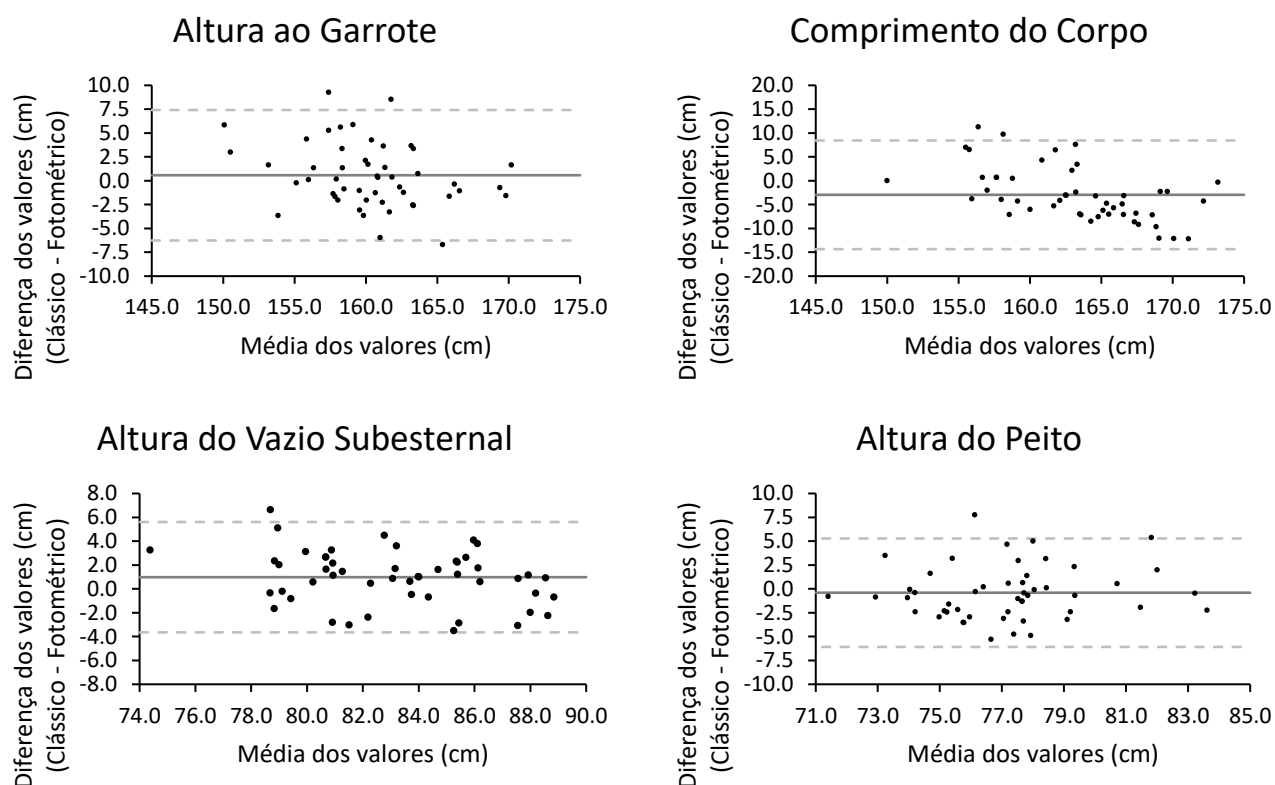


Figura 19 (continuação) – Diagramas de Bland e Altman referentes às medidas lineares

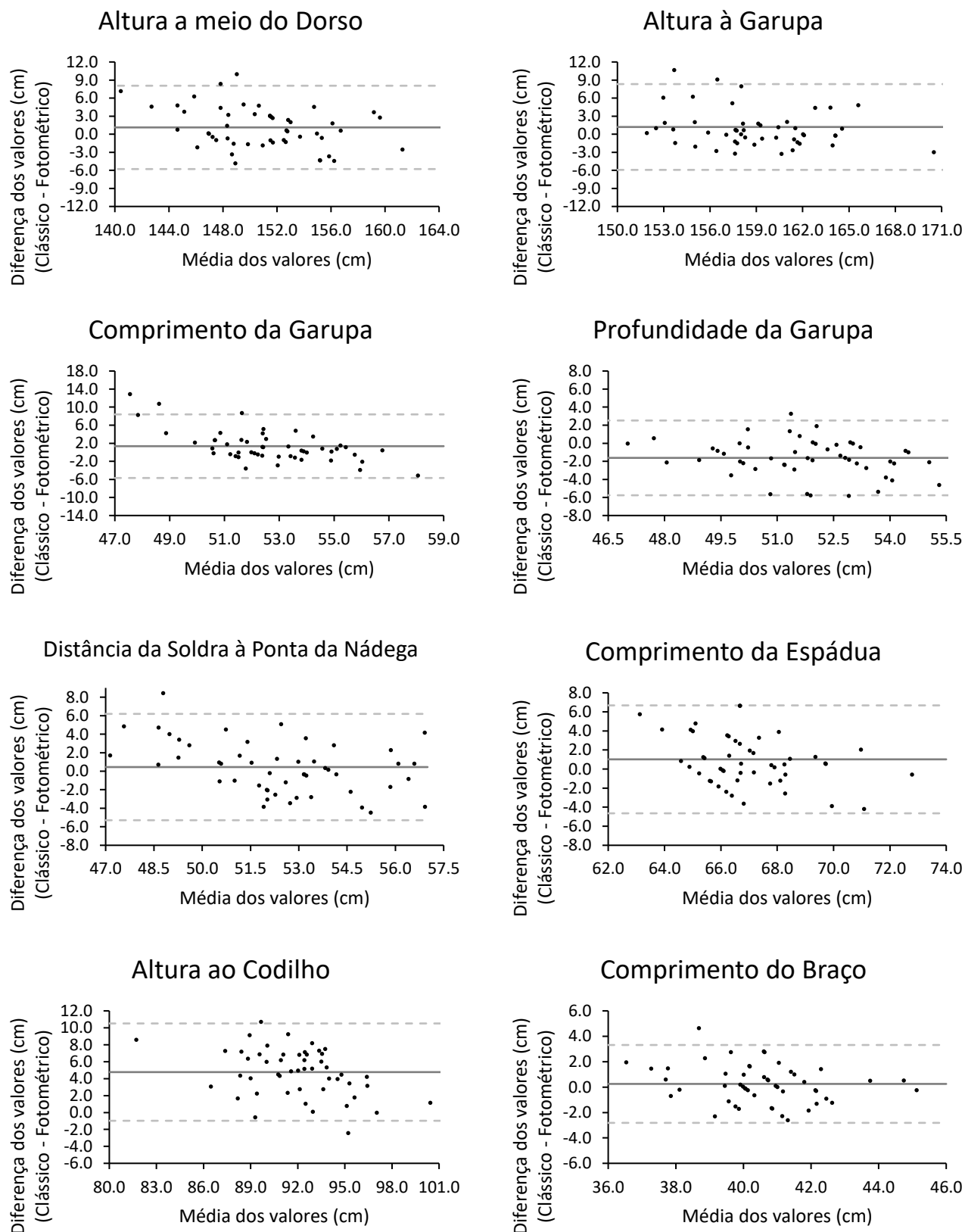
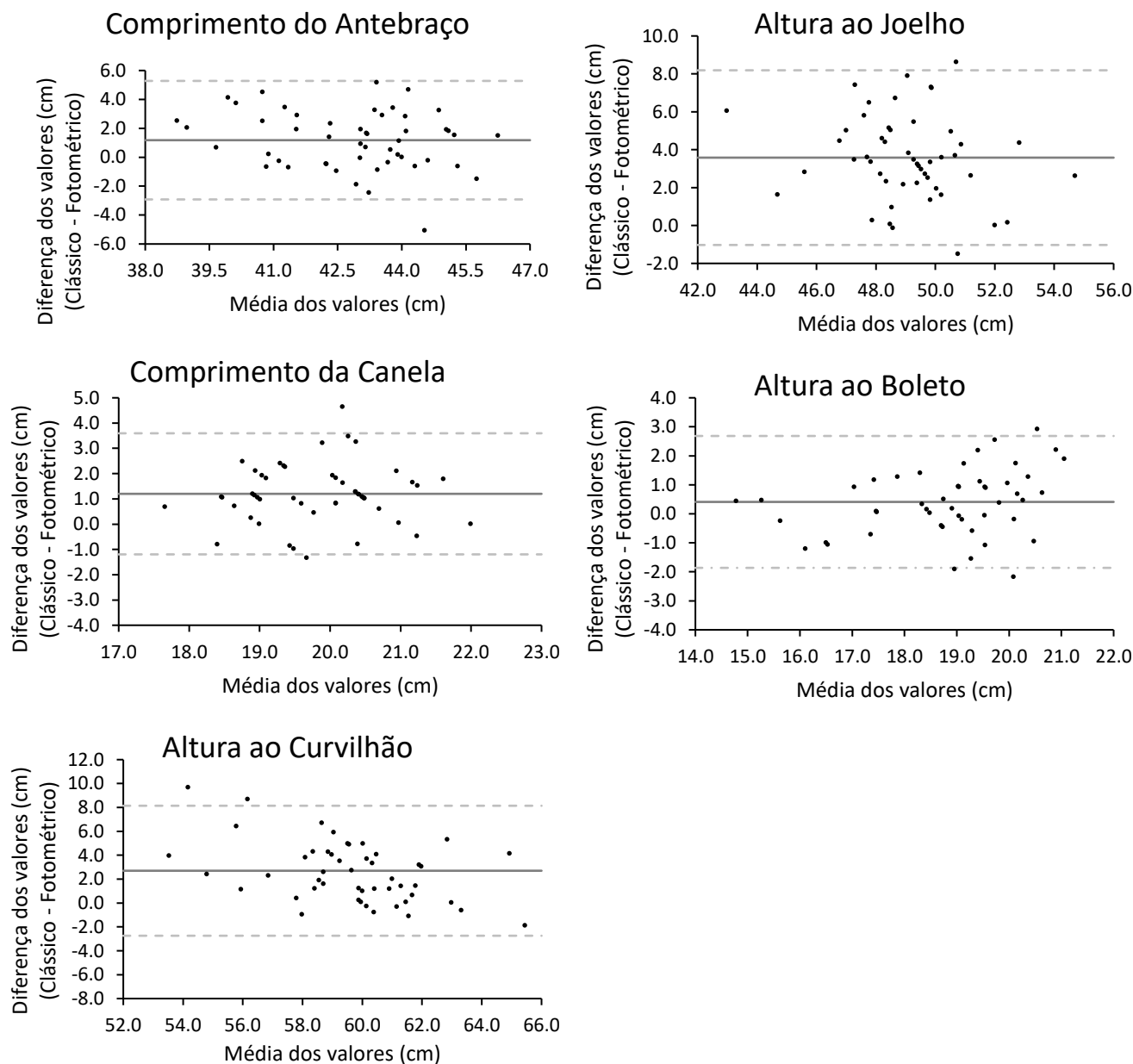


Figura 19 (continuação) – Diagramas de Bland e Altman referentes às medidas lineares.



Relativamente aos diagramas de Bland e Altman referentes às medidas lineares, 18 cavalos apresentaram pelo menos 1 *outlier*, em que 11 destes apresentavam *outlier* em apenas uma medida linear, 4 apresentaram 2 *outliers* e outros 3 cavalos apresentaram respetivamente 4, 5 e 6 *outliers*.

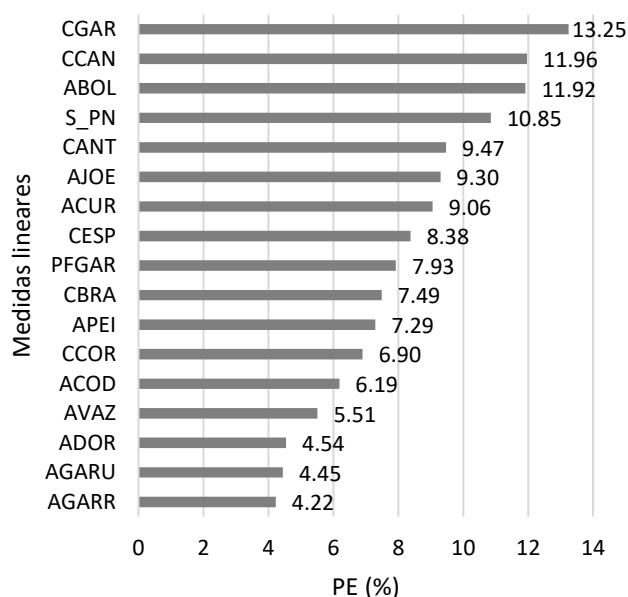
De uma forma geral, observa-se nos diagramas de Bland e Altman que as distribuições apresentam uma tendência para que os valores estimados de menor dimensão apresentem diferenças mais positivas e os valores de maior dimensão diferenças mais negativas, isto é, apresentam correlações negativas, com algumas exceções (APEI, CCAN e ABOL, Anexo 8).

Em termos de sobrestimação (diferenças MC-MF negativas) e subestimação (diferenças MC-MF positivas), estas diferenças observam-se nos diagramas de Bland e Altman para cada variável, pela maior concentração de pontos acima ou abaixo do valor zero de diferença. No cômputo geral, registou-se uma ligeira tendência para um maior número de medições com subestimação das variáveis, observando-se que para o total de 850 medições lineares feitas no método MF (50 cavalos x 17 medidas lineares) existiram em média 62% de casos de subestimação. As variáveis que registam maior subestimação são a AJOE, ACOD, CCAN e ACUR. Por outro lado, existem variáveis com maior percentagem de medidas sobrestimadas do que subestimadas, são elas a PFGAR, CCOR e APEI. No anexo 9 encontram-se as percentagens de sobrestimação e subestimação para cada medida linear.

No anexo 10 encontram-se os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança para a \bar{d} em cada medida linear. Para as variáveis AGARR, APEI, S_PN, CBRA, o intervalo de confiança calculado para \bar{d} inclui o valor 0, podendo inferir-se que a diferença média para estas variáveis não é significativamente diferente de zero.

De forma a determinar quão largos são os limites de concordância, Critchley e Critchley (1999) propuseram o cálculo da percentagem de erro (PE) dos limites de concordância, que reflete a proporção entre a magnitude e o erro da medição. Na figura 20 encontram-se as PE para cada medida linear.

Figura 20 – Percentagem de erro dos limites de concordância para cada medida linear.



A PE, em média, para as medidas lineares foi de $8.16 \pm 2.76\%$ variando entre 4,22% (AGARR) e 13.25% (CGAR). A PE foi inferior a 5% em aproximadamente 18% (3/17) das medidas lineares. De uma forma geral as medidas lineares de dimensões maiores apresentam uma PE menores relativamente às medidas lineares de dimensão menor que apresentaram PE maiores.

4. Discussão

4.1. Avaliação objetiva da conformação do cavalo Puro Sangue Lusitano

No nosso trabalho, a distribuição de algumas das medidas lineares, obtidas pelo MC, afastou-se significativamente da normalidade, no entanto, no caso do MF apenas uma (AGARU). Relativamente às razões também se verificou uma diminuição do número de variáveis que apresentavam desvios relativamente à distribuição normal. Isto pode dever-se ao tamanho da amostra e à utilização de uma escala de medição com uma precisão baixa (0.5 cm) nas medições obtidas pelo MC. Assim sendo, a utilização de uma precisão maior nas medições obtidas pelo MC teria sido benéfica.

Da análise dos resultados, observou-se que os CV da maioria das medidas lineares, obtidas pelo MC, foram inferiores a 6% com a exceção do PEANT (6.00%), CPES (6.33%) e ABOL (9.67%). De uma maneira geral, os valores mais elevados de CV podem estar relacionados com uma difícil determinação, que pode ser devido à falta de exatidão e precisão na identificação dos pontos de referência e ou ao temperamento que leva a alteração de postura (Oom, 1992). Os CV estão de acordo com os obtidos por Oom (1992) que observou valores inferiores a 6% na maioria das medidas estudadas no PSL, mas diferentes dos obtidos em outro estudo realizado no PSL (Santos, 2008) que registou CV superiores. No caso do PEANT, a maior variabilidade pode dever-se ao valor do perímetro se alterar bastante quando medido acima ou abaixo do local definido. Em relação ao CPES a maior variabilidade pode resultar da dificuldade de determinação, devido à falta de precisão na identificação dos pontos de referência, já que neste caso um dos pontos de referência é junto das orelhas (local que, devido ao temperamento de alguns animais, pode ser de difícil acesso) e também com o nível de descontração do animal durante a medição, que o leva a estender ou contrair mais o pescoço, alterando a distância entre os pontos de referência (Oom, 1992). No que diz respeito à ABOL pode dever-se à existência no grupo de animais estudados de cavalos ferrados/não ferrados, com cascos aparados/não aparados e cascos aprumados/mal aprumados.

Na generalidade observou-se uma boa concordância entre os CV obtidos no MF e MC, com tendência para CV mais altos no MF, sobretudo para as variáveis CCOR, CGAR, S_PN e ACUR, enquanto a APEI e ABOL apresentaram um CV superior no MC. Em termos médio, o CV do MC apresentou o valor de $3.96 \pm 1.68\%$ e do MF de $4.97 \pm 1.37\%$ para as variáveis em comum.

Simpson et al. (1960), citado por Oom & Ferreira (1987) consideram que, em mamíferos, uma amostra pode considerar-se homogénea se apresentar CV entre 4 e 10%, sendo 5 e 6% valores excelentes. Pelo referido anteriormente, estamos na presença de uma amostra muito homogénea, em que cerca de metade das medidas lineares obtidas pelo MC apresentam CV inferiores a 4%. Oom (1992) considera, ainda assim, que uma amostra deste tipo (com variabilidade reduzida) continua a ter uma variabilidade adequada, por esta população ter sido sujeita a uma forte seleção artificial, durante a qual

foram eliminados muitos valores extremos. Para Sadek, Al-Aboud e Ashmawy (2006) as medidas com maior CV poderiam ser um bom fator para seleção, após confirmar-se se a variabilidade é real ou por outro lado é artificialmente causada pelo método de medição.

Relativamente ao MF as medidas lineares CGAR (6.90%), S_PN (6.37%) e ABOL (8.22%) apresentam os maiores CV. A medida linear ABOL apresenta também um CV alto quando obtido pelo MC, podendo indicar que para esta medida existe uma real variação entre indivíduos, detetável pelos dois métodos. Em relação às outras duas medidas lineares (CGAR e S_PN) os maiores CV registados comparativamente ao MC podem ser resultado de um erro na medição, sugerindo que estas medidas são mais difíceis de realizar com precisão no MF, pela dificuldade em identificar os pontos de referência e/ou pela maior sensibilidade à posição do cavalo no momento da fotografia.

As diferenças entre métodos no CV devem-se sobretudo à maior amplitude de valores registados pelo MF para a maioria das medidas lineares, que se traduz num maior desvio padrão e, por conseguinte, num maior CV.

Comparativamente aos estudos biométricos realizados no PSL por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992), nos nossos resultados observa-se uma diferença clara relativamente ao CPES e PETOR, apresentando-se estas duas medidas no presente estudo com cerca de mais 10 cm. No caso do PETOR pode ser explicado por os animais se encontrarem em condições corporais distintas (dados não recolhidos) e a inclusão na nossa amostra de fêmeas gestantes, o que não aconteceu nos outros dois trabalhos referidos. Relativamente ao CPES a diferença pode estar relacionada com a seleção de cavalos com pescoços mais compridos e, possivelmente, alguma diferença entre métodos na identificação dos pontos específicos de referência anatómicos.

O grupo de cavalos analisado foi, no geral, bem proporcionado, apresentado um garrote ligeiramente mais alto que a garupa ($160.54 > 159.15$ cm), sendo ligeiramente mais compridos que altos ($161.80 > 160.54$) e com garupa de largura e comprimento idênticos ($53.29 \cong 53.54$). Estas características estão de acordo com o descrito no padrão da raça (APSL, 2010). Para a KWPN a forma do corpo que valorizam é a retangular (comprimento maior que a altura) e principalmente nos cavalos de *Dressage* valorizam membros anteriores compridos (AVAZ > APEI), tendo estas duas condições sido observadas no grupo de cavalos em estudo (Kampman, 2012). Relativamente à ADOR, que em comparação com a AGARR permite avaliar o nível de arqueamento (isto é, se os animais estão mais ou menos selados), os valores médios desta amostra foram de 9 cm, resultado próximo dos obtidos por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992) de respetivamente 7 e 9 cm.

Os resultados obtidos pelo MF afastam-se dos obtidos pelo MC, sobretudo no que diz respeito ao triângulo funcional da garupa (formado pelas três medidas lineares da garupa - CGAR, PFGAR e S_PN). Relativamente a este triângulo, os cavalos de *Dressage* normalmente apresentam dimensões

maiores nas medidas lineares S_PN e PFGAR relativamente ao CGAR (APSL, 2013; Wardrope, 2005a), enquanto no caso dos cavalos de Obstáculos apresentam normalmente dimensões idênticas nestas três medidas lineares (Thomas, 2005; Wardrope 2005b) e nos cavalos de raids apresentam CGAR e S_PN de maior dimensão em relação à PFGAR (Cervantes, 2009). No nosso trabalho, as medidas lineares obtidas pelo MC, em média, apresentam PFGAR menores relativamente ao CGAR e S_PN, o que aproxima dos cavalos em estudo de cavalos de raids. Em relação às mesmas medidas lineares obtidas pelo MF, em média, apresentam CGAR menores relativamente à S_PN e PFGAR, o que aproxima dos cavalos em estudo de cavalos de *Dressage*.

Foi estudado o efeito da idade nos vários caracteres analisados, de maneira a avaliar de que forma as medidas lineares variaram entre os cavalos mais novos e os mais velhos. Das 31 medidas lineares estudadas, 5 apresentaram uma diferença significativa devido à idade, registando-se quatro variáveis em que houve decréscimo com a idade (ADOR, AGARU, AVAZ e CCAN) e um em que houve acréscimo (PECAN). A estes efeitos corresponde um decréscimo ou um acréscimo por ano de idade (em cm) podendo estas alterações ser devidas a processos de seleção ou a alterações provocadas na morfologia pela forma de utilização do animal. Na ADOR registou-se a maior alteração com a variação na idade, sendo esta de -0.164 cm/Ano, significando isto que os cavalos mais velhos apresentaram ADOR menores. Este padrão pode dever-se ao facto de os cavalos mais velhos se apresentarem mais selados, por serem montados no caso dos machos e devido às sucessivas gestações nas fêmeas. As duas medições estudadas relativamente à canela (PECAN e CCAN) apresentaram efeitos significativos, indicando que os cavalos mais novos apresentam uma canela mais comprida e com menor perímetro em comparação com os cavalos mais velhos. Relativamente à AVAZ, registou-se um efeito negativo da idade, significando que os animais mais velhos apresentavam menor vazio subesternal. Registou-se ainda uma diminuição de 0.144 cm/ano na AGARU, que para além seguir a variação não significativa da AGARR, indicia que os cavalos mais novos apresentam garupas mais altas.

Estas diferenças podem dever-se à seleção e/ou utilização, para entender qual destas duas hipóteses apresenta maior efeito, por um lado, seria necessário um estudo das medidas lineares ao longo dos anos em diferentes cavalos com a mesma idade, idealmente antes de começarem a ser utilizados tanto para trabalho como para reprodução e, por outro lado, um estudo em paralelo das medidas lineares ao longo dos anos no mesmo cavalo.

Em 17 das 31 medidas lineares estudadas foi identificado dimorfismo sexual. Na cabeça apenas o CCAB apresentou diferenças significativas, apresentando os machos cabeças mais compridas, que foi o mesmo resultado obtido por Oom e Ferreira (1987). Relativamente ao pescoço, tanto em comprimento

como em perímetro os machos superiorizaram-se, o que em relação ao CPES está de acordo com o obtido por Oom e Ferreira (1987), enquanto em relação ao PEPES foi a primeira vez que foi estudado. Das medidas lineares que formam a linha de cima (AGARR, ADOR, AGARU e ACAU), ao contrário do que ocorreu em Oom e Ferreira (1987) como em Oom (1992) em que todas as medias apresentaram dimorfismo sexual, apenas a ACAU apresentou diferenças significativas, com superioridade para os machos. A AVAZ voltou a apresentar diferenças significativas, com superiorização dos machos relativamente às fêmeas, como anteriormente obtido por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992).

Tanto a APEI, LPEI e PETOR apresentaram diferenças entre géneros, no entanto, as fêmeas superiorizaram-se significativamente na APEI e PETOR, muito provavelmente devido às gestações sucessivas. O resultado obtido para a APEI está de acordo com Oom e Ferreira (1987) e o obtido para o PETOR está de acordo com o obtido por Oom (1992).

Relativamente à garupa apenas a LGAR e a PFGAR apresentaram diferenças significativas entre géneros, com superioridade das fêmeas em relação aos machos. No entanto, em ambos os trabalhos já referenciados no PSL nenhum apresentou diferenças significativas nas medidas lineares relativas à garupa, mas Pinto et al. (2008) no cavalo Mangalarga Marchador obteve um resultado idêntico para a LGAR. De salientar que a PFGAR e S_PN foram pela primeira vez avaliadas no PSL neste trabalho.

Nas medidas lineares relativas aos membros, os resultados diferem dos obtidos por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992), uma vez que nestes trabalhos todos os perímetros apresentavam diferenças significativas entre géneros e no nosso trabalho apenas ocorreu no PEJOE e PECUR. De acordo com os dois trabalhos referidos, a ACOD e ACUR apresentaram também dimorfismo sexual. As medidas lineares CBRA, CANT, AJOE, CCAN e ABOL foram pela primeira vez estudadas em termos de dimorfismo sexual no PSL, apresentando a AJOE, CCAN e ABOL dimorfismo sexual, superiorizando-se os machos relativamente às fêmeas.

Na continuação do estudo do dimorfismo sexual no PSL, julga-se conveniente proceder a uma análise discriminante para identificar as medidas lineares que melhor permitem diferenciar os géneros, como foi utilizado por Pinto et al. (2008) no cavalo Mangalarga Marchador e também por Purzyc, Kobryńczuk e Bojarski (2011) no pônei Hucul. A análise discriminante foi já utilizada com outros objetivos por Langlois et al. (1978) para diferenciar raças de cavalos (Trotadores Franceses de Puro Sangue Ingleses) e por Zechner et al. (2001) para diferenciar o cavalo Lipizzan relativamente às suas diferentes origens.

Todas as medidas lineares que apresentaram diferenças significativas entre origens (CCAB, CPES, ACAU, PEANT, PEJOE, PEBOL, S_PN, ACOD, CANT e AJOE) apresentaram valores médios superiores nos cavalos da coudelaria Alter Real. Destas variáveis, apenas o CANT e o PEANT não apresentaram diferenças significativas entre coudelarias em Oom (1992), que no entanto estudaram

as diferenças entre linhas (Agareno, Espanhol e Alter) e não as diferenças entre origens. Para continuação do estudo das diferenças entre origens sugere-se novamente uma análise discriminante. A avaliação das razões permite evidenciar tendências morfológicas, que estão muitas vezes mascaradas na simples análise dos valores médios de variáveis lineares (Oom & Ferreira, 1987).

A variabilidade média encontrada nas razões ($4.16 \pm 1.12\%$) é apenas ligeiramente menor que a das medidas lineares ($4.27 \pm 1.41\%$). Em termos de amplitude dos valores de CV existe diferença uma vez que no caso das razões nenhum valor foi superior a 6% enquanto que nas medidas lineares 3 medidas apresentam CV maior ou igual a 6%. As razões em que um dos elementos é uma medida linear da linha de cima (AGARR ou AGARU) mantêm a tendência de apresentar menor variabilidade, com a exceção da razão CCAN/AGARR.

Em termos médios para o conjunto de variáveis comuns aos dois métodos, o CV do MC apresentou o valor de $3.93 \pm 1.36\%$ e do MF de $4.93 \pm 1.33\%$. Observa-se, contudo, que pouco mais de metade das razões (10 em 18) apresentam diferenças inferiores a 1% entre os resultados obtidos pelos dois métodos, ocorrendo razões como AVAZ/AGARR, APEI/AVAZ, CCAN/AGARR, CANT/AJOE e CCAN/AJOE em que o valor de CV foi maior no MC. Por outro lado, destacam-se sobretudo as razões ACUR/AGARR, ACUR/CCOR e CGAR/CCOR em que os CV obtidos no MF foram bem superiores aos obtido pelo MC.

As tendências verificadas em relação ao valor de proporção “ideal” mantêm-se independentemente do método para as razões obtidas em comum, com as exceções das razões CGAR/CCOR e das razões relativas à garupa (CGAR/PFGAR e PFGAR/S_PN). De seguida, encontra-se a análise das razões obtidas pelo MC.

Avaliando a proporcionalidade expressa relativamente ao CCAB os resultados indicam que, em termos de espessura e largura, estão sensivelmente bem proporcionadas, uma vez que a largura equivale a dois terços da espessura, e em termos de comprimento os resultados obtidos indicam uma cabeça ligeiramente comprida (diferença de 2.5 cm) em comparação com a espessura e largura registadas. As restantes proporções com o CCAB apresentaram uma percentagem elevada de animais (superior a 75%) com valor de proporção maior que o proposto, com as exceções das razões CGAR/CCAB (68.6%) e AVAZ/CCAB (58.8%), o que evidencia uma cabeça curta em relação às restantes medidas lineares estudadas. Esta conclusão é reforçada pela análise das razões AGARR/CCAB, CCOR/CCAB e AGARU/CCAB (que apresentam resultados semelhantes entre si, mas diferentes do valor “ideal”) enquanto as razões AGARR/CCOR e AGARR/AGARU se apresentam muito próximas do valor “ideal”, o que indica que é o CCAB que não se enquadra no estudo de proporções efetuado. Considerando o valor da razão ideal AGARR/CCAB, esta implicaria um aumento de sensivelmente 2 cm na média do CCAB, o que alteraria consideravelmente os resultados.

O mesmo resultado relativamente ao CCAB foi obtido por Oom e Ferreira (1987), em cavalos PSL da coudelaria Alter Real, e Oom (1992), em cavalos PSL de várias origens, em que concluíram que estavam na presença de animais de cabeça relativamente curta mas, ao contrário do que se observou neste trabalho, regularmente proporcionada relativamente ao comprimento. Relativamente ao pescoço os resultados estão em desacordo uma vez que em ambos os trabalhos referidos anteriormente o pescoço dos cavalos foi considerado curto. O CPES obtido em qualquer um dos trabalhos (Oom e Ferreira, 1987, Oom, 1992), afasta-se do padrão da raça, uma vez que, este deve ser de comprimento médio (APSL, 2010).

Outra justificação, para além das referidas anteriormente quanto à possível incorreção na determinação das medidas lineares, como causa de afastamento dos resultados relativamente ao que é considerado “ideal”, relaciona-se com o modelo utilizado nesta idealização, que não foi construído com base no PSL e por essa razão em algumas situações não se lhe ajusta da melhor forma.

Nas restantes razões para as quais existe um valor de proporção estabelecido, em relação à AGARR/CCOR a média neste grupo de cavalos é de 0.99 (ideal=1), que em termos de conformação se traduz na silhueta do animal se inscrever num quadrado (animais tão altos como compridos). Esta proporção é de tal forma relevante que faz parte do padrão da raça do cavalo PSL e, portanto, condiciona o processo de seleção. Em termos percentuais observa-se uma tendência para os cavalos se apresentarem mais compridos do que altos. Apesar de não estar de acordo com o ideal do padrão da raça, este resultado é favorável para os cavalos de *Dressage* (Kapman, 2012; Holmström & Back, 2013), que é uma das mais importantes utilizações do PSL.

Para a razão AGARR/AGARU o valor para a proporção proposto é de 1 o que quer dizer que a AGARR é igual à AGARU. Alterações nesta proporção têm reflexo no equilíbrio do cavalo uma vez que ocorre deslocação do centro de gravidade, e cavalos com AGARR inferior à AGARU são na gíria hípica chamados de debruçados, em que ocorre uma sobrecarga nos membros anteriores, com consequências nos movimentos típicos do PSL (elevados e concentrados) (Oom, 1992). Na situação inversa ocorre sobrecarga dos membros posteriores, que não é tão penalizadora para os movimentos, facilitando até o trabalho do cavaleiro. Será por estas razões que no padrão da raça o ideal é que o garrote seja sempre levemente mais elevado que a garupa. Nos animais em estudo a tendência é serem mais altos ao garrote do que à garupa estando de acordo com o desejado no padrão da raça. Nos cavalos que em que a AGARU é superior à AGARR ($AGARR/AGARU < 1$) o que ocorreu em 13.7% dos casos, a diferença entre as duas alturas é equivalente a 1 cm ($AGARR/AGARU = 0.99$) não tendo qualquer significado face à grandeza das variáveis em questão e à precisão pela qual foram obtidas. No sentido oposto, a razão máxima encontrada num animal referente à razão de AGARR/AGARU foi

1.04, a que correspondeu uma AGARR 6 cm maior que AGARU. Os mesmos resultados foram obtidos por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992).

No que diz respeito à razão PETOR/AGARR o ideal é que o valor da proporção seja superior a 1.125, condição esta encontrada em 100% dos animais estudados. Isto indica uma boa capacidade de trabalho, uma vez que o PETOR está relacionado com capacidade respiratória do cavalo (Oom & Ferreira, 1987; Thomas, 2005). No entanto alguns cavalos podem apresentar um excesso de PETOR, o que poderá acontecer em fêmeas gestantes, cavalos em condição corporal excessiva, etc.

No caso da razão AVAZ/AGARR os valores desta devem estar compreendidos entre 0.50 e 0.55. Da análise dos resultados observa-se que em média apresentam uma boa proporção (0.52) sendo que em apenas 5.9% dos cavalos o vazio subesternal é inferior ao desejável (AVAZ/AGARR = 0.49 nos 3 casos) que corresponde a uma diferença que no máximo seria de 1.5 cm no AVAZ.

No que diz respeito à razão PECAN/AVAZ o valor desta deveria ser igual ou superior a 0.25. Em média este resultado é atingido, no entanto, em termos percentuais, 47.1% dos animais têm valores menores que 0.25. Uma vez que a AVAZ se encontra relativamente bem proporcionada, como visto anteriormente na razão AVAZ/AGARR, pode concluir-se que os cavalos estudados apresentaram frequentemente valores de PECAN inferiores ao desejável. Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992) registaram percentagens acima de 80% de animais com valor da razão PECAN/AVAZ inferior a 0.25.

Para a razão CESP/AGARR a maioria dos animais (94.1%) apresenta uma espádua comprida (CESP/AGARR >0.4), uma vez que já se observou anteriormente que a AGARR se encontra bem proporcionada. O valor máximo encontrado é de 0.44 que corresponde a uma espádua com mais 6 cm em relação ao comprimento de espádua considerado para um valor de proporção de 0.4. Este resultado é condizente com o que é considerado no padrão da raça no PSL, em que o ideal é uma espádua comprida. Em média o mesmo valor foi obtido por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992).

Segundo o modelo de Bourgelat, uma garupa bem proporcionada deve apresentar valores de CGAR/LGAR iguais a 1, o que está consubstanciado no padrão da raça PSL. No entanto, segundo Marcq et al. (1951 em Oom & Ferreira, 1987), é frequente uma ligeira superioridade do comprimento em relação à largura (traduzindo-se em valores do rácio superiores a 1). No grupo de animais estudado, a média (1.01) é ligeiramente superior a 1, mas, em 37.3% dos animais ocorre o contrário (largura a superiorizar-se ao comprimento). Estes resultados permitem dizer que os animais possuem uma garupa relativamente quadrada, sendo os valores extremos do rácio de 0.91 e 1.11 correspondendo a diferenças entre as duas medidas de 5 cm e 5.5 cm, respetivamente. Este resultado está de acordo com o obtido por Oom (1992) nos machos, e ao contrário do registado por Oom e Ferreira (1987) para os dois géneros e Oom (1992) nas fêmeas, em que a LGAR se superiorizou ao CGAR.

Na relação CGAR/CCOR o valor médio obtido é igual ao valor proposto para esta proporção (0.33), existindo 35.3% dos cavalos com garupas relativamente mais curtas e 31.4% dos cavalos com garupas relativamente mais compridas, quando comparadas com o CCOR. Os valores extremos desta razão (0.31 e 0.36) representam desvios de, respetivamente, cerca de 4 e 4.5 cm relativamente ao ideal (0.33). Resultados muito semelhantes foram obtidos por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992), cujo valor médio da razão foi calculado em 0.34. No nosso trabalho, para esta razão, o resultado obtido pelo MF é diferente do obtido pelo MC. No MF os cavalos apresentaram quase exclusivamente valores acima e abaixo do valor ideal de proporção proposto.

Ainda relativamente à garupa, os resultados das razões CGAR/S_PN, CGAR/PFGAR e PFGAR/S_PN deverão estar desejavelmente próximos de um valor de proporção de 1, isto é, as medidas serem iguais. Identifica-se que a maioria dos animais (72.5%) apresenta CGAR maiores que a PFGAR, que cerca de metade dos animais apresenta CGAR maiores que a S_PN e que cerca de três quintos dos animais apresenta PFGAR menores que a S_PN. De uma forma geral, estes resultados demonstram uma grande variedade de conformações no grupo analisado. As proporções típicas de um cavalo de raid (em que se pretende PFGAR menor que CGAR e S_PN e as duas ultimas semelhantes entre si) foi encontrada em cerca de 24% (12/51) dos cavalos, cerca de 39% (20/51) apresenta proporções típicas de um cavalo de Obstáculos (PFGAR, CGAR e S_PN semelhantes entre si) e cerca de 37% dos cavalos não se inclui em nenhum dos tipos anteriores. No MF, os resultados obtidos variam dos anteriores obtidos pelo MC, a conformação típica de um cavalo de Obstáculos foi encontrada em 32% (16/50) dos cavalos, com a proporção típica de um cavalo de raid encontrou-se em apenas 10% (5/50) dos cavalos, e são identificados 2 cavalos com proporções típicas de cavalo de *Dressage* (CGAR menor que PFGAR e S_PN e as duas ultimas semelhantes entre si), existindo uma grande quantidade de animais (27/50 ou 54%), que não são incluídos em nenhum dos tipos referidos.

A razão entre o CCOR e o PETOR, normalmente denominado como índice corporal (Oom, 1992), permite classificar os animais em longilíneos (>0.88), mediolíneos (entre ≥ 0.86 e ≤ 0.88) e brevilíneos (<0.86). Segundo estes critérios, 9.8% dos cavalos são classificados como longilíneos, 23.5% são classificados como mediolíneos e 66.7% como brevilíneos. O PSL é, segundo o padrão da raça, um cavalo mediolíneo ou sub-brevilíneos, mas na amostra estudada apenas cerca de um quarto do grupo foi assim classificado. Resultados idênticos foram obtidos por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992). Oom (1992) considerou que os limites deste índice não estão adequados a uma boa classificação étnica em virtude da elevada homogeneidade morfológica das medidas lineares. Para além disso, este índice é fortemente influenciado pela condição corporal do animal, que provoca variações no PETOR (Aparicio-Macarro, 1986 em Oom, 1992), como visto anteriormente o elevado PETOR registado em alguns cavalos pode levar a valores mais baixos desta razão

Relativamente à razão entre a APEI e AVAZ, denominado normalmente de índice de altura peitoral (Oom, 1992), o valor desta razão reflete o quanto descido se encontra o peito do cavalo entre os membros anteriores e, portanto, quanto maior for o valor desta razão, maior será a superioridade da ACOD em relação à AVAZ. Marcq et al. (1951 em Oom & Ferreira, 1987) indica os valores normalmente encontrados em vários tipos de cavalos, sendo que para os cavalos longilíneos (cavalo puro-sangue) o valor é de cerca de 0.8, para os cavalos mediolíneos o valor é de cerca de 0.9 e para os cavalos brevilíneos (cavalos de tiro) o valor é cerca de 1.0. No nosso trabalho, segundo o valor desta razão, os cavalos foram considerados mediolíneos se apresentassem valores entre 0.85 e 0.95, inclusive, inferiores a 0.85 foram considerados longilíneos e superiores a 0.95 foram considerados brevilíneos. Para o grupo de animais estudado, esta razão indica que os animais são na sua maioria mediolíneos, no entanto cerca de 35% foram ainda classificados como brevilíneos. Em Oom e Ferreira (1987) os resultados obtidos foram semelhantes, mas relativamente aos obtidos por Oom (1992) os resultados diferem relativamente ao segundo maior grupo de animais classificado que neste caso foi de cavalos do tipo longilíneo.

Em relação à razão entre o PECAN e o PETOR, denominado normalmente de índice dactilotorácico (Oom, 1992), esta permite avaliar a relação existente entre a massa de um animal e o diâmetro dos membros que a suportam, de tal forma que os valores baixos nesta razão indicam membros relativamente fracos em relação à massa corporal. A classificação existente foi desenvolvida com base nos tipos distintos de cavalos existentes no exército francês por Marcq et al. (1951 em Oom, 1992), em que os cavalos são classificados em hipermétricos (brevilíneos) com valores de cerca de 0.110, em eumétricos (mediolíneos) com valores de cerca de 0.108 e hipométricos (longilíneos) com valores de cerca de 0.104. No nosso trabalho, a escala foi ligeiramente adaptada, sendo os cavalos classificados como eumétricos se apresentassem valores entre 0.106 e 0.109 inclusive, como hipermétricos com valores superiores a 0.109 e hipométricos com valores inferiores a 0.106. Em termos de valor médio, o resultado obtido neste trabalho foi da mesma ordem do registado por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992). O grupo de animais em estudo foi constituído aproximadamente pelo mesmo número de animais hipométricos e hipermétricos (cerca de 40%), sendo os restantes 20% de animais do tipo eumétrico. Segundo esta razão, grande parte dos cavalos em estudo afasta-se do padrão típico da raça em relação a esta razão (eumétrico). Em comparação com os outros dois trabalhos referenciados, observámos um aumento dos animais classificados como hipermétricos, mas deve ter-se em conta que o modelo não foi construído com base no cavalo PSL, e por essa razão poder apresentar estes desvios. A razão entre a ACOD e SPJCB, normalmente denominada de índice meloscópico (Oom, 1992), permite relacionar a altura do membro anterior com três perímetros do mesmo. Segundo este modelo os animais são classificados como longilíneos (>1), mediolíneos ($=1$) e brevilíneos (<1). Segundo esta

classificação, o grupo de animais estudado foi considerado como longilíneo, apresentando perímetros pequenos relativamente à altura do membro, revelando assim membros mais fracos. Os mesmos resultados foram obtidos por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992). Este resultado está também de acordo com o registado para as razões PECAN/AVAZ e PECAN/PETOR, que sugeriam a existência de membros anteriores relativamente fracos.

Relativamente às razões ACUR/AGARR e ACUR/CCOR, como era de esperar, os valores são muito aproximados, com médias neste caso iguais (0.38), dada a similaridade do valor da AGARR e CCOR. Os mesmos resultados foram obtidos por Oom e Ferreira (1987) e Oom (1992).

Em relação à razão LPEI/CCOR, tanto em Oom e Ferreira (1987) como em Oom (1992) o valor nos machos era 0.29 e nas fêmeas 0.27, o que indica peitos mais largos nos machos, sendo que a média em ambos os trabalhos foi de 0.28. No nosso trabalho o valor médio obtido foi de 0.27, que sugere peitos menos largos no grupo de animais estudado.

Para as restantes razões, em que não existem valores de proporção, nem possibilidade de comparação com outros trabalhos, servem os presentes resultados como indicativos para futuros trabalhos a realizar nesta raça. Não se pode afirmar que os resultados obtidos são representativos da população de PSL, uma vez que são referentes a um pequeno número de animais, maioritariamente de uma coudelaria, sendo por isso necessários mais trabalhos para determinar o valor da proporção mais comum no PSL. Relativamente às restantes razões com valores de proporção definidos, não fica descartada a hipótese de os valores de proporção não estarem ajustados ao PSL e por isso em algumas delas existirem desvios relativamente à proporção proposta. São por isso também necessários mais estudos para definição mais correta dos valores de proporções no PSL.

Das 38 razões em estudo, 6 apresentaram uma relação significativa com a idade. A maioria das relações significativas encontradas foram negativas (AVAZ/CCAB, CCAN/AGARR, CCAN/AJOE e ACUR/CCOR), sendo duas positivas (PECAN/PETOR e PECAN/AVAZ). É de salientar que a maioria destas razões apresenta pelo menos uma medida linear que anteriormente já tinha apresentado uma relação com a idade (AVAZ, CCAN e PECAN), com a exceção da razão ACUR/CCOR.

Relativamente ao dimorfismo sexual, das 38 razões estudadas 23 apresentaram diferenças significativas. Todas as razões identificadas apresentavam pelo menos uma medida linear com dimorfismo sexual, sendo que em quatro das razões as duas medidas lineares envolvidas apresentavam dimorfismo sexual (APEI/CCAB, LGAR/CCAB, PETOR/CCAB e APEI/AVAZ). O valor da razão foi superior nos machos para CCAB/LCAB, AVAZ/AGARR, CCOR/PETOR, PECAN/PETOR, AJOE/AGARR, CCAN/AGARR, ACUR/AGARR, CGAR/PFGAR, LPEI/CCOR, ACUR/CCOR e AJOE/CCOR e nas fêmeas para AGARR/CCAB, CGAR/CCAB, LGAR/CCAB, CESP/CCAB, APEI/CCAB, PETOR/CCAB, PETOR/AGARR, PECAN/AVAZ, APEI/AVAZ, CANT/AJOE, CBRA/AJOE

e PFGAR/S_PN. Como era de esperar, as razões seguem a tendência já observada nas medidas lineares.

É de realçar o resultado obtido para o PECAN/PETOR em que para os machos o valor obtido indica que em média estes são eumétricos enquanto nas fêmeas estas são hipométricas, indicando portanto este resultado que as fêmeas apresentam membros mais fracos. Também para o resultado relativo à razão CCOR/PETOR, em média, os machos encontram-se no limite superior da classificação como brevilíneos e as fêmeas bem abaixo desse limite, podendo desta maneira suspeitar-se que as fêmeas são sobretudo brevilíneas enquanto os machos apresentam um maior número de animais mediolíneos. Em termos de índice de altura peitoral (APEI/VAZ) como era de esperar as fêmeas apresentam um valor significativamente maior, indicando que as fêmeas pertencem ao grupo dos cavalos brevilíneos e os machos ao grupo dos cavalos mediolíneos. Para a AVAZ/AGARR, como era de esperar, as fêmeas apresentam um valor inferior relativamente aos machos, estando este, em média, no limite inferior aceitável, havendo indicações de que sobretudo as fêmeas podem apresentar animais com excesso de vazio subesternal. Em relação ao resultado obtido para a razão PECAN/AVAZ a proporção encontrada para as fêmeas é, em média, melhor que a dos machos. Segundo estes resultados, as fêmeas tendem a afastar-se mais do padrão racial estabelecido, que é do tipo mediolíneo. Todavia, a forma de categorizar um indivíduo conforme as suas dimensões foi aqui feita com base nos índices zoométricos baseados nas classificações étnicas propostas por Baron e Dechambre e de valores propostos por Marcq (1951 em Oom & Ferreira, 1987), que pode não ser o mais adequado para o cavalo Lusitano.

No que diz respeito à origem, das 38 razões em estudo, 8 apresentaram diferenças significativas entre origens. Destas oito razões, 3 não apresentavam uma medida linear que tivesse apresentado uma diferença significativa devido à origem (CGAR/CCOR, CGAR/S_PN e PFGAR/S_PN), sendo que as restantes apresentavam uma medida linear (CCAB/LCAB, CGAR/CCAB, LGAR/CCAB, CESP/CCAB e CANT/AGARR). As tendências de superioridade, como era de esperar, seguiram a tendência das medidas lineares. As razões com valores superiores nos Alter Real foram CCAB/LCAB e CANT/AGARR, sendo as restantes superiores nos cavalos de outras origens.

Os ângulos influenciam a qualidade dos andamentos, velocidade, longevidade, saúde ortopédica e performance (Thomas, 2005), razão pela qual é desejável a sua avaliação, enquanto ferramenta dos programas de seleção.

A utilização da fotografia para a determinação de ângulos foi proposta em 1884 no livro publicado por Goubaux e Barrier, "De l'extérieur du cheval" (Cabral, 2004), com a vantagem de todos os ângulos serem registados no mesmo momento, ao contrário do que acontece nas medições diretamente no cavalo, onde podem ocorrer variações de postura entre as medições (Holmström et al., 1990; Weller et

al., 2006a). Ainda assim, no nosso estudo nem todos os cavalos se apresentavam no posicionamento correto para a medição de todos os ângulos na mesma fotografia, e por essa razão o N variou entre ângulos.

Em comparação com os restantes ângulos, o ângulo do braço e o ângulo da garupa apresentam uma maior variabilidade (entre todas as variáveis morfológicas estudadas foram estas as que apresentaram maior CV), o que evidencia diferenças marcadas na posição do braço e inclinação da garupa entre os cavalos. O ângulo do curvilhão apresenta-se com o CV mais baixo, indicando alguma consistência para que o valor desse ângulo não varie muito entre cavalos. Estas diferenças entre CV dos diferentes ângulos estão de acordo com o registado nos cavalos PRE, Sela Francês e cavalos de raças Alemãs por Barrey et al. (2002), no cavalo Puro Sangue Árabe Espanhol por Cervantes et al. (2009), no cavalo Islandês por Kristjansson et al. (2013), no cavalo Menorca por Solé et al. (2013a), no cavalo Mangalarga Marchador por Pinto et al. (2008), no cavalo Quarto de Milha por Meneses, Costa, Maruch, Moreira e Neto (2014), no cavalo Trotador Americano por Magnusson e Thafvelin (1990) e no cavalo Cruzado Sueco por Holmström et al. (1990).

Na tabela 23 são apresentados alguns ângulos obtidos por diversos autores em diferentes raças de cavalos, comparativamente aos resultados por nós obtidos no PSL.

Tabela 23 – Ângulos em diferentes raças de cavalos

Ângulo	PSL	PRE ⁽¹⁾	SF ⁽¹⁾	ALE ⁽¹⁾	MEN ⁽²⁾	CS ⁽³⁾	MM ⁽⁴⁾	ISL ⁽⁵⁾	LIP ⁽⁶⁾	AE ⁽⁷⁾	TA ⁽⁸⁾	QM ⁽⁹⁾
Ombro	81.05	101	104	105	(87.15)	125.6	91.65	(103.6)	89.4	(80.91)	123.3	89.65
Espádua	53.92	54	59	58	56.91	65.3	66.44	56.30	58.8	49.91	64.3	62.28
Braço	27.14	(47)	(45)	(47)	30.24	(60.3)	(26.21)	47.30	30.6	31.00	(59.0)	(27.37)
Quartela	55.27	-	-	-	-	-	55.49	55.07	62.9	56.62	-	-
Garupa	20.15	24	23	26	17.14	30.8	23.85	20.69	12.6	12.39	34.8	29.22
Curvilhão	141.99	150	155	157	137.14	157.6	147.55	140.73	-	139.77	152.8	145.70

(1) Barrey et al., 2002; (2) Solé et al., 2013a; (3) Holmström et al., 1990; (4) Pinto et al., 2008; (5) Kristjansson et al., 2013; (6) Zechner et al., 2001; (7) Cervantes et al., 2009; (8) Magnusson e Thafvelin, 1990; (9) Meneses et al., 2014;

PRE – Pura Raça Espanhola; SF – Sela Francês; ALE – cavalos de raça Alemã; MEN – Menorca; CS – Cavalo Sueco; MM – Mangalarga Marchador; ISL – cavalo Islandês; LIP – Lipizzan; AE –Árabe Espanhol; TA – Trotador Americano; QM – Quarto Milha. Valores entre () obtidos indiretamente.

Nas raças estrangeiras, os valores médios para o ângulo do curvilhão variam entre 139.77 (Árabe Espanhol) e 157.6 (Cavalo Sueco), o ângulo da espádua entre 49.91 (Árabe Espanhol) e 66.44 (Mangalarga Marchador), o ângulo da quartela entre 55.07 (Cavalo Islandês) e 62.9 (Lipizzan), e o ângulo da garupa entre 12.39 (Árabe Espanhol) e 34.8 (Trotador Americano). Os valores médios do ângulo do braço e do ombro para algumas raças foram estimados indiretamente por diferença entre outros ângulos, o que pode ter resultado em erros importantes, até porque os pontos de referência podem não ser exatamente os mesmos em todos os estudos. Por outro lado, as diferenças entre raças

podem dever-se não só a diferenças de conformação, mas também à metodologia aplicada na obtenção dos ângulos bem como na composição da amostra (machos, fêmeas ou ambos), desta forma a comparação deve ser efetuada de forma cautelosa.

Em relação ao PSL do nosso estudo, todos os ângulos se encontram dentro da amplitude dos valores reportados para outras raças, ainda que no caso do ângulo da quartela a média do PSL se encontre no limite inferior dos resultados das outras raças.

No Lusitano, o ângulo da quartela e o ângulo da espádua apresentam um valor próximo, que corresponde à conformação ideal para o membro torácico (Ross & McIlwraith, 2011) e ao objetivo no padrão da raça PSL (APSL, 2010). Neste padrão é também referido que tanto a espádua como a quartela devem ser oblíquas, o que está de acordo com os resultados obtidos. Em termos do ângulo da garupa, que segundo o padrão da raça deve ser ligeiramente oblíquo, os resultados encontrados estão de acordo com o ideal para o PSL. Em relação ao ângulo do curvilhão, o padrão racial define que o ideal é um ângulo relativamente fechado, estando o resultado obtido concordante.

O coeficiente de correlação que mede o grau e direção de associação linear entre duas variáveis (X e Y), pode variar entre -1 e +1, mas o facto de duas variáveis estarem correlacionadas não implica que exista uma relação causa-efeito, mas apenas que as duas estão associadas, possivelmente por influência de uma terceira variável (Gama, 2002). Este coeficiente é afetado pela variabilidade dos dados, diferenças na forma das duas distribuições, falta de linearidade, a presença de um ou mais *outliers*, características da amostra e os erros de medição, o que pode influenciar positivamente ou negativamente a correlação estimada (Goodwin & Leech, 2006).

No nosso trabalho, analisando as correlações entre ângulos é de realçar a correlação positiva existente entre o ângulo do braço e o ângulo do ombro ($r=0.72$) o que sugere que cavalos com ângulo do ombro maior tenham o braço numa posição mais inclinada em relação à horizontal. Para além disso, o ângulo do ombro está mais associado com o ângulo do braço do que com o ângulo da espádua, uma vez que a correlação é maior. Observou-se ainda uma correlação negativa entre o ângulo da quartela do membro anterior com os ângulos do curvilhão, ombro e braço.

Relativamente às correlações entre os diversos ângulos e as medidas lineares e razões (tabela 16) maioritariamente os coeficientes de correlação indicaram correlações lineares fracas ($r \leq |0.5|$) com algumas exceções, enumeradas de seguida:

- Entre Ângulo do curvilhão e CGAR/PFGAR ($r=-0.58$);
- Entre Ângulo do ombro e AJOE ($r= -0.54$);
- Entre Ângulo do ombro e AJOE/AGARR ($r=-0.64$);
- Entre Ângulo do braço e AVAZ/AGARR ($r=-0.51$);
- Entre Ângulo do braço e AJOE/AGARR ($r=-0.70$);
- Entre Ângulo do braço e CBRA/AJOE ($r=0.53$);
- Entre Ângulo do braço e AJOE/CCOR ($r=-0.68$);

As correlações anteriores sugerem que: 1) cavalos com ângulos de curvilhão mais fechados apresentam uma garupa mais comprida do que profunda; 2) quanto maior a AJOE menor será o ângulo do ombro e do braço; 3) mesmo existindo uma boa proporção AVAZ/AGARR ocorre uma tendência para que cavalos com maior vazio subesternal apresentem ângulos de braço menores.

Para a amplitude de idades estudada, o ângulo da quartela foi o único que evidenciou uma relação significativa, com um coeficiente de regressão de -0.164 %/Ano, significando isto que os cavalos mais velhos apresentavam um ângulo menor com a horizontal. Uma possível explicação pode estar relacionada com os aprumos do casco nos cavalos mais velhos não serem os mais corretos, levando a uma alteração do ângulo. As conclusões que se podem retirar destes resultados são limitadas ao tipo de amostra recolhida, sendo necessário, como referido anteriormente, dados recolhidos ao longo dos anos.

Relativamente ao dimorfismo sexual existente nos diferentes ângulos estudados, não se registaram diferenças entre géneros no ângulo da garupa e da espádua. O dimorfismo sexual foi encontrado nos restantes ângulos, sendo que os valores médios foram superiores nas fêmeas para o curvilhão, braço e ombro e nos machos para a quartela. Estes resultados podem ter sido afetados pela inexistência de fêmeas no grupo considerado como “outras origens” no nosso trabalho. No cavalo Mangalarga Marchador, Pinto et al. (2008), identificaram o ângulo do ombro com um dos ângulos que podiam ser utilizados para discriminar entre géneros nesta raça, sendo também superior nas fêmeas. Solé et al. (2013a), no cavalo Menorca, encontraram diferenças significativas nos ângulos da espádua, braço, garupa e não significativas para o curvilhão, sendo, no entanto, a superioridade nos ângulos com diferenças significativas contrária às encontradas neste trabalho. Meneses et al. (2014), em cavalos da raça Quarto de Minha, apenas encontraram dimorfismo sexual no ângulo do ombro, sendo novamente superior nas fêmeas. Novamente uma análise discriminante com uma base de dados mais alargada seria útil para perceber que ângulos seriam mais adequados para distinguir machos de fêmeas.

Relativamente à origem, os cavalos de origem Alter Real apresentam o ângulo do curvilhão relativamente mais aberto e garupas mais planas quando comparados com as outras origens. No entanto, o resultado relativo ao curvilhão poderá ter sido influenciado pela presença de fêmeas no grupo de Alter Real, que como vimos anteriormente apresentam curvilhões de ângulo mais aberto.

Sendo os ângulos no cavalo PSL pouco estudados, seria interessante aprofundar o estudo das diferenças existentes nos ângulos intra e inter coudelarias e, de uma maneira geral, no PSL.

4.2. Avaliação subjetiva da conformação do cavalo Puro Sangue Lusitano – Dados morfológicos

Em termos médios, os valores registados no nosso trabalho para cada um dos itens de classificação morfológica apresentam-se de acordo com os obtidos por Vicente (2014) para o conjunto da raça Lusitana. Em concordância, encontra-se também a superioridade das fêmeas relativamente aos machos para a “Pontuação Total”. Esta superioridade pode dever-se às diferentes exigências por parte do Regulamento no que diz respeito ao modo de apresentação, em que, no caso dos machos, estes têm de ser obrigatoriamente avaliados montados em concentrações públicas e o júri é composto por três juizes, enquanto as fêmeas podem ser ou não montadas e por isso serem apresentadas à mão em casa do criador, avaliadas por apenas um juiz (APSL, 2010).

Em termos de notas atribuídas em cada item a variabilidade é reduzida. Esta reduzida variabilidade observa-se pela não utilização da totalidade da escala, como é notado pelas baixas amplitudes registadas em cada parâmetro, sendo a amplitude máxima registada de 3. De referir que não devem ser encontradas notas inferiores a 4 uma vez que essa nota leva a reprovação no Livro (APSL, 2010). Vicente (2014) concluiu que a escala utilizada não se encontrava a ser aplicada na totalidade e de maneira uniforme nos diferentes parâmetros de tal forma que a variabilidade da “Pontuação total” não reflete o idealizado pela APSL quando atribui coeficientes de ponderação às diferentes características pontuadas.

Relativamente aos coeficientes de correlação, e de acordo com os resultados obtidos por Vicente (2014), observa-se no nosso trabalho que a Pontuação total apresenta os maiores coeficientes de correlação com os itens “Conjunto de formas” e “Andamentos”, com correlação intermédia com os itens “Peitoral e Costado”, “Dorso e Rim” e “Garupa” e com correlação menor com os itens “Cabeça e Pescoço” e “Membros”, sendo a menor correlação, que no nosso trabalho é não significativa com o item “Espádua e Garrote”. No entanto, deve ter-se em conta que todas as correlações entre a pontuação total e os parciais são na realidade correlações parte-todo, e portanto de alguma forma são correlações automáticas, que refletem a variabilidade e ponderações atribuídas aos itens parciais.

No estudo das correlações entre itens de classificação morfológica e restantes variáveis (medidas lineares, razões e ângulos), existem algumas limitações a ter em conta, uma vez que alguns itens são a combinação de duas regiões (por exemplo, cabeça e pescoço, espada e garrote, peitoral e costado, dorso e rim) e, assim sendo, não é possível saber o real valor de cada uma das regiões, para além de serem avaliadas várias características de cada região quando se classifica um determinado item.

Em relação ao item “Cabeça e Pescoço” é de notar não existir qualquer correlação entre este item e as variáveis mensuráveis referentes à cabeça. No entanto, as correlações encontradas estão relacionadas com o CPES, indiciando que animais com pescoços mais curtos são melhor pontuados. O item de

classificação “Espádua e Garrote” não apresentou nenhuma correlação com mensurações relacionadas com este item de classificação, sendo de esperar algum tipo de correlação com a AGARR, CESP, CBRA e com os ângulos do ombro, espádua ou braço. Com as correlações obtidas o que se pode dizer depois da sua interpretação é que cavalos mais compridos do que altos apresentam notas superiores na “Espádua e garrote”, ainda que com um coeficiente de correlação baixo ($r=-0.43$). Relativamente ao item “Peitoral e Costado”, os cavalos com melhores notas apresentam tendência a apresentar APEI maiores. No que diz respeito ao item “Dorso e Rim”, tal como esperado, apresenta poucas correlações significativas, uma vez que no conjunto das variáveis apenas ADOR era expectável que apresentasse algum tipo de relação com este item de classificação. Relativamente aos itens “Garupa” e “Membros” não existiram correlações com as variáveis associadas com cada um destes itens, isto é, variáveis relativas à garupa (CGAR, LGAR, PFGAR, S_PN e ângulo da garupa) e variáveis relativas aos membros (CESP, CANT, AJOE, ABOL, CCAN, PEBOL, PECAN, ACUR, PECUR, ângulo espádua, ângulo do braço, ângulo do ombro e ângulo do curvilhão). Em relação ao item “Conjunto de formas” os cavalos mais bem pontuados apresentam pescoços mais curtos, mas era expectável, por exemplo, algum tipo de relação com razões como CCAB/LCAB, CCAB/ECAB, AGARR/ACOR e AGARR/AGARU entre outras. Relativamente ao item “Andamentos” os cavalos com melhores notas têm tendência para apresentar AVAZ, AJOE e ACUR menores e APEI maior. De forma inesperada, só se registou uma correlação significativa das variáveis mensuráveis com a Pontuação total, com o significado que quanto maior for a APEI relativamente à AVAZ maior será a pontuação total.

4.3. Comparação das medidas lineares obtidas pelo método clássico e fotométrico

A melhor abordagem estatística para avaliar a concordância entre dois métodos de medição não é consensual, já que há que ter em conta os erros aleatórios e sistemáticos de cada método. São frequentemente propostos estudos de correlação e regressão para comparar métodos diferentes. No entanto, a correlação estuda a relação entre variáveis e não as diferenças, sendo por isso não recomendado como método para avaliar a concordância entre métodos (Giavarina, 2015). Um exemplo são os resultados obtidos por Bene, Kecskés, Polgár e Szabó (2014), que para a comparação das medições obtidas pelo MC e MF, apenas calcularam os coeficientes de correlação de *Pearson*, sendo estes de respetivamente 0.95, 0.69, 0.74, 0.32, 0.89 e 0.62 para AGARR, AGARU, CCOR, CGAR, APEI e comprimento do dorso. No entanto, os erros de estimação (erro sistemático) foram de, respetivamente, -0.4, -1.4, -0.8, 5.8, 0.6 e 6.6%. Como se pode observar, os coeficientes de correlação obtidos entre a estimativa por MC e MF para a AGARU e o comprimento do dorso apresentam valores relativamente próximos, mas a diferença entre erros de estimação é considerável.

Para comparação dos resultados obtidos pelos dois métodos em estudo, optou-se pela construção de diagramas de Bland e Altman para cada variável estudada. Esta análise baseia-se na quantificação da concordância entre dois métodos de medição, recorrendo à média das diferenças e ao cálculo dos limites de concordância. Este método apenas define os intervalos de concordância, não dizendo se são ou não aceitáveis (Altman & Bland, 1983), decisão que terá que ser tomada pelo investigador.

Em primeiro lugar, é de referir que para três medidas lineares (CCOR, AGARU e CGAR) a distribuição das diferenças não apresenta uma distribuição normal ($p \leq 0.05$), estando recomendado nestes casos uma transformação logarítmica os dados (Giavarina, 2015). Esta não foi realizada porque tornaria os diagramas de difícil interpretação.

Relativamente aos erros de estimação, estes foram também possíveis calcular a partir dos resultados apresentados por Bene et al. (2014) e Pallottino et al. (2015). Bene et al. (2014) compararam medições efetuadas pelo MC e pelo MF, neste caso em vinte e oito fêmeas da raça Cavalo Húngaro de Desporto. As medidas lineares utilizadas para a comparação foram AGARR, AGARU, CCOR, CGAR, APEI e comprimento do dorso. As diferenças médias entre métodos registadas foram, respetivamente, -0.7, -2.2, -1.4, 3.4, 0.5 e 6 cm, correspondendo estes a erros de estimação de -0.4, -1.4, -0.8, 5.8 e 6.6%. Comparativamente aos resultados obtidos durante a realização deste trabalho, com a exceção da CGAR (2.53%), as medidas lineares AGARR, AGARU, CCOR e APEI (0.36, 0.75, -1.82 e -0.52%), apresentaram erros de estimação em valor absoluto muito semelhantes. Por outro lado, Pallottino et al. (2015) compararam o MC com um método com base num sistema de captura de imagem vídeo em 10 cavalos Lipizzan. As diferenças médias obtidas entre os dois métodos foram de 2.4, 5.1, -2.4, 1.5 e -2.5 cm e erros de estimação de 1.5, 3.2, -1.5, 2.4 e -3.6% para, respetivamente, AGARR, AGARU, CCOR, CCAB e APEI. Em comparação com os resultados obtidos no nosso trabalho, com a exceção do CCOR, as restantes medidas lineares estudadas em comum apresentaram em valor absoluto erros de estimação superiores. Em termos de diferenças médias entre métodos, tanto em Bene et al. (2014) como em Pallottino et al. (2015), com a exceção do CCOR, as diferenças foram inferiores no presente trabalho. No entanto, a análise dos resultados com base no erro de estimação é insuficiente uma vez que se baseia apenas no valor médio das diferenças, traduzindo portanto a ocorrência de um possível erro sistemático.

O valor ideal para a média das diferenças em cada uma das medidas lineares seria de zero, traduzindo a inexistência de um erro sistemático. No entanto, apenas em cerca de 24% (4/17) das medidas lineares estudadas (AGARR, APEI, S_PN e CBRA) o intervalo de confiança calculado incluiu o valor 0, o que quer dizer que não se pode considerar essa diferença diferente de 0. Assim sendo, para estas variáveis o MF relativamente ao MC mostrou-se de precisão aceitável, o que não aconteceu no entanto para as restantes medidas lineares.

No total, 36% (18/50) dos cavalos apresentaram pelo menos um *outlier* (valor fora dos limites de concordância), sendo que 6% (3/50) dos animais apresentaram três ou mais *outliers* no conjunto de variáveis em estudo. Assim sendo, estes dados, indicam que o erro ocorrido durante o trabalho, não incidiu pontualmente num grupo restrito de alguns cavalos, mas sim de uma forma mais abrangente atingiu vários animais, possivelmente devido à inexperiência do operador e às dificuldades inerentes ao trabalho de campo, que não permitem as melhores condições para a recolha de dados.

Relativamente, às distribuições apresentadas nos diagramas de Bland e Altman, em que se observa para a maioria das variáveis em estudo uma tendência para se encontrarem diferenças mais positivas (subestimação pelo MF) nos valores menores e diferenças mais negativas (sobrestimação pelo MF) nos valores maiores, traduzindo coeficientes de correlação negativos (anexo 8) entre as diferenças (MC-MF) e a média ((MC+MF)/2). Como se verifica pelas amplitudes de diferenças registadas no MF (Tabelas 20 e 21), a média de MC e MF apresentada no eixo das abcissas do diagrama, em alguns casos pode afastar-se do valor real, ocorrendo um desvio para a esquerda nas medições subestimadas e para a direita nas medições sobrestimadas pelo MF. Numa situação ideal, em que a concordância entre os dois métodos ocorra, não se observaria qualquer tipo de associação entre as diferenças e a magnitude das medições, sendo as variabilidades dos dois métodos muito semelhantes (Bland & Altman, 1995). Como se observou anteriormente os CV das variáveis obtidas pelo MF foram, na sua maioria, superiores aos registados para o MC. Estes dois resultados estão de acordo, uma vez que as variáveis com CV mais próximos ou em que o CV do MC é superior ao MF são as que não apresentam associação ou esta é positiva. Esta diferença de variabilidades pode ser consequência de um maior erro cometido com a medição num dos métodos. O erro implícito na realização de cada medição linear em cada um dos métodos não foi estimado, pois seria necessário para isso obter medições repetidas com o mesmo método (Bland & Altman, 1995), que não foram realizadas. Assim sendo, admite-se a hipótese de que a associação entre as diferenças e magnitude da medição seja devida a erros associados à medição e não ao método em si.

No que se refere à tendência para existir uma sobrestimação (diferenças negativas) ou subestimação (diferenças positivas) do MF relativamente ao MC, estas podem avaliar-se nos diagramas de Bland e Altman pela maior concentração de pontos acima ou a baixo do valor zero de diferença e pela média das diferenças para cada variável. Para um maior número de variáveis, o MF subestimou o valor obtido pelo MC, mas ainda assim existiram variáveis em que a sobrestimação ocorreu maioritariamente com o MF (Anexo 9).

Para determinar a concordância entre os dois métodos, isto é, avaliar a precisão, é necessário avaliar a amplitude dos limites de concordância nos diagramas de Bland e Altman. Quanto maior for a amplitude destes limites menor será a precisão. O cálculo da percentagem de erro (PE) dos limites de

concordância permite esta avaliação, sendo necessário determinar previamente qual a PE aceitável. Tomando, por exemplo, 5% como limite aceitável para a PE, que corresponde a limites de concordância de cerca de ± 1 cm para ABOL (média de 19 cm) e cerca de ± 8 cm para CCOR (média de 163 cm) nos valores extremos das medidas lineares. Com este limite apenas AGARR, AGARU, e ADOR podem considerar-se obtidas com precisão pelo MF. Foi notória, uma menor PE para as medidas de altura da linha de cima (garrote, meio do dorso e garupa) e de uma forma geral a PE foi mais elevada nas dimensões lineares com menor valor médio, o que revela a necessidade de maior rigor nas medições de menor dimensão.

O MF foi já comparado com outros métodos desenvolvidos mais recentemente, e exemplo disso é o estudo realizado por Weller et al. (2006a) que estudaram a confiança das medições no cavalo usando um sistema de análise de movimento 3-D. Compararam os resultados com o MF através da determinação dos limites de concordância entre os dois métodos, e as médias das diferenças (em valores absolutos) variaram entre 1.25 cm (altura dos talões) e 4 cm (AGARR) com amplitude dos limites de concordância (diferença entre o limite superior e inferior) de, respetivamente, 2.99 e 12.69 cm. No presente trabalho o estudo da concordância entre os dois métodos foi realizado tendo como base as diferenças reais entre MC e MF, tendo as diferenças em valor absoluto variado entre 0.96 cm (ABOL) e 5.42 cm (CCOR).

O valor absoluto permite principalmente avaliar a magnitude das diferenças, mas para as 17 medidas lineares em estudo as dimensões eram bem distintas para comparar as diferenças registadas, devendo então usar o erro de estimação expresso como percentagem da média da variável. Neste caso, o erro de estimação médio foi de $3.89 \pm 1.66\%$ para o conjunto de variáveis estudadas. De uma forma geral, as medidas lineares de maior dimensão apresentam erros de estimação menores e as de menor dimensão maiores erros de estimação, sendo as exceções o CCOR, ACOD e CBRA. No caso do CCOR este apresenta um erro de estimação maior em comparação às restantes medidas de dimensões semelhantes. Relativamente à ACOD, sendo uma medida linear ainda com uma dimensão razoável, apresenta um erro de estimação elevado. O CBRA destaca-se pela positiva uma vez que apresenta um erro de estimação pequeno, apesar de ser uma medida linear de pequena dimensão.

As diferenças registadas entre os dois métodos podem dever-se a diversos fatores., sendo as principais fontes de erro a postura do cavalo e a identificação dos pontos de referência anatómicos (Dressel, 2002 em Weller et al., 2006a; Magnusson e Thafvelin, 1990; Weller et al., 2006a). Relativamente à postura, os cavalos devem encontrar-se todos na mesma posição padronizada (cavalos num plano liso e horizontal, em estação forçada e quadrada, numa atitude descontraída e com o peso igualmente distribuído pelos membros). A identificação de pontos de referência anatómicos é a base de todos os métodos de mensuração de medidas relativas à conformação do cavalo, sendo este ponto do processo

identificado como uma das principais fontes de variação e erro, sobretudo em regiões proximais do cavalo (Weller et al., 2006a). A variação é causada pela dificuldade na palpação dos pontos anatômicos de referência através de camadas musculares sobrepostas e pela própria definição mais ou menos clara desses pontos. De forma a diminuir este erro, a medição no caso do MC ou a marcação no caso do MF deve ser repetida várias vezes de forma a aumentar a exatidão da medição. No entanto, esta repetição levaria a um aumento do tempo de recolha de dados. Segundo Weller et al. (2006a), cada marcação adicional, representaria em média um acréscimo de 10 minutos ao processo de recolha de dados, não contabilizando o tempo da identificação dos marcadores e medição na fotografia. Com o intuito de diminuir a variabilidade introduzida pelo operador, as medições pelo MC ou as marcações e medições no MF devem ser efetuadas por um único operador, sendo no entanto expectável que com o treino a concordância entre operadores melhore (Weller et al., 2006a). De forma a reduzir o erro introduzido pelo operador no presente trabalho, todas as medições efetuadas no MC e a marcação dos pontos de referência anatômicos efetuadas no MF foram realizadas pelo mesmo indivíduo.

Além dos possíveis erros induzidos pela postura do cavalo e por uma má identificação dos pontos anatômicos de referência, no MF existem três potenciais fontes adicionais de erro: distorção da medição devido à posição relativa da câmara em relação ao cavalo, erro geométrico em resultado da projeção de um objeto 3D numa imagem 2D e a menor exatidão do reconhecimento dos pontos de referência para medição nas fotografias quando esta é feita manualmente.

A repetibilidade do processo de fotografar e consequente medição, não foi avaliado neste trabalho, mas outros autores relatam como sendo amplamente influenciada pelo ângulo da lente em relação ao cavalo e pela distância entre a câmara e o cavalo (Hunt, Thomas & Stiefel, 1999; Magnusson, 1985 em Weller et al., 2006a). Um posicionamento menos correto do cavalo relativamente à câmara leva a que os pontos de referência estejam em planos perpendiculares diferentes, e consequentemente a diferentes distâncias da câmara (Magnusson & Thafvelin, 1990). Segundo Hunt et al. (1999) a posição da câmara, tem influência na correta determinação do valor da medição, e a influência é maior quanto maior for a distância da câmara ao solo. A utilização de uma posição padronizada é recomendada (Magnusson & Thafvelin, 1990), mas que nem sempre é possível devido às limitações inerentes ao “trabalho de campo”. Uma posição padronizada significa que cada fotografia deveria ser efetuada com a câmara sempre à mesma altura do solo, à mesma distância do cavalo e apontada sempre para a mesma região. Adicionalmente ocorre o erro geométrico, que é o resultado da projeção de uma estrutura 3D num plano 2D, e que depende do ângulo dos segmentos com o plano mediano (Weller et al., 2006a). No trabalho realizado por Weller et al. (2006a) em que compararam o MF com um método com recurso a um sistema de análise de movimento 3D, obtiveram um desvio dos segmentos em relação ao plano mediano, em média de 10°, sendo o CESP a medida linear que apresentou o maior grau de desvio relativamente ao

plano mediano, com um erro geométrico médio de 5 cm (erro de 10%). No entanto, com a utilização de uma distancia focal de 200 mm o erro introduzido deixa de ser significativo (Magnusson & Thafvelin, 1990).

Relativamente à exatidão das medições, quando estas são realizadas manualmente nas fotografias, o erro está associado à capacidade do operador em, sistematicamente, realizar a medição desde o centro de um marcador ao centro de outro marcador, e este erro pode ser corrigido com a utilização de software próprio e com a realização de replicados. Weller et al. (2006a) com a utilização de três replicados, obtiveram, em média, um erro de 1%, com um máximo de 1.5% para a altura dos talões.

Outra potencial fonte de erro, pode dever-se à posição da escala utilizada, que neste caso foi uma régua. Neste trabalho, esta encontrava-se colocada sobre o chão o mais próximo possível do cavalo. Por vezes, devido à dificuldade no posicionamento correto do cavalo, a distância entre a régua e o cavalo variou, o que terá induzido um erro adicional. A magnitude do erro introduzido por um afastamento do cavalo em relação à escala (escala mais próxima da câmara) não foi contabilizada, mas leva a uma subestimação que aumenta com a diminuição da distância entre a câmara e o cavalo. Uma forma de reduzir esta fonte de erro, seria a escala encontrar-se sobre o cavalo. Em alternativa, Holmström et al. (1990) usaram como escala o comprimento do rádio e metacarpo (antebraço e canela) medidos *in vivo*. Mais estudos são necessários para estimar o peso das diferentes fontes de erro no total de erro ocorrido.

O MF é normalmente apresentado como um método rápido de recolha de informação relativa às dimensões num plano lateral, cujo rigor depende do nível de padronização estabelecida para cada fotografia. Algumas fontes de erro associadas à fotografia podem ser reduzidas por repetição de imagens do mesmo animal (aumentado o tempo despendido em cada cavalo), mas de qualquer forma este método não permite o estudo de medidas lineares relativas a perímetros e medidas que não sejam paralelas à captura da imagem, e apresenta-se particularmente difícil quando as fotografias têm que ser realizadas no campo.

5. Conclusão

A avaliação da conformação numa amostra de 51 cavalos Lusitanos com base em medidas lineares, razões e ângulos indica que:

- Algumas características incluídas no padrão da raça PSL podem ser avaliadas facilmente por métodos de avaliação objetivos. A transformação de medidas lineares em razões permite o estudo de proporções, facilitando a comparação entre animais, ao reduzir o efeito de escala que o tamanho corporal tem sobre cada medida. Existem características que apresentam grande homogeneidade, demonstrada através dos baixos CV registados (<3%) tanto nas medidas lineares como nas razões.
- De acordo com o padrão da raça encontra-se a proporção entre a Altura ao Garrote (AGARR) e a Altura à Garupa (AGARU), sendo a AGARR ligeiramente superior à AGARU e o Comprimento da Espádua que se registou como comprida.
- O grupo em estudo apresenta uma cabeça relativamente curta, mas de largura e espessura bem proporcionadas entre si. Os cavalos apresentam-se com um pescoço comprido e ligeiramente mais compridos do que altos, que são características que se afastam um pouco do estabelecido no padrão da raça, mas que pode ser desejável nos cavalos de *Dressage*. Relativamente à proporcionalidade da garupa observou-se uma variabilidade importante, sendo registados animais com garupas mais compridas do que largas bem como mais largas do que compridas, ainda que no padrão da raça seja considerado como desejável serem de dimensões idênticas.
- No padrão da raça PSL os cavalos são definidos como mediolíneos. Com base nos valores propostos para a classificação estabelecida por Baron e Dechambre, para o grupo de animais em estudo, a razão Altura do Peito/Altura do Vazio Subesternal traduz efetivamente um animal mediolíneo, mas a razão comprimento do corpo/perímetro torácico leva à classificação como brevilíneo e a razão Altura ao Codilho/Somatório do Perímetro do Joelho, Canela e Boleto (ACOD/SPJCB) à classificação como longilíneo. Estas discordâncias nas várias razões podem dever-se ao modelo utilizado, que não teve como base o PSL.
- Como principais falhas identificadas no grupo de cavalos estudados encontra-se o elevado PETOR que pode ser indicativo de uma boa capacidade de trabalho, mas em alguns cavalos pode ser excessivo. Por outro lado, as razões perímetro da canela/altura do vazio subesternal, perímetro da canela/perímetro torácico e ACOD/SPJCB indicam a necessidade de melhorar a solidez dos membros, sobretudo nas fêmeas.
- Foi identificado um maior número de variáveis com dimorfismo sexual do que variáveis traduzindo diferenças entre coudelarias de origem. Existiram também variáveis que se

diferenciavam pela idade não sendo possível saber se eram resultado da seleção praticada ou a alterações que ocorrem com a idade

- Relativamente aos ângulos medidos, os resultados obtidos estão genericamente de acordo com o padrão da raça. A espádua e quartela apresentam uma posição oblíqua, de valor semelhante, indicativo de boa conformação do membro anterior. A garupa apresenta-se ligeiramente oblíqua. Em relação ao curvilhão, o ângulo é relativamente fechado.
- Os cavalos Alter Real apresentam o ângulo do curvilhão mais aberto e garupas mais planas que os de outras origens. As fêmeas apresentaram ângulos do curvilhão, braço e ombro e os machos ângulos da quartela significativamente maiores ($p \leq 0.05$). Para a amplitude de idades estudada, o ângulo da quartela foi o único que evidenciou alterações com a idade. Observou-se uma correlação negativa do ângulo da quartela do membro anterior com os ângulos do curvilhão, ombro e braço. O ângulo do ombro está mais associado com o ângulo do braço do que com o ângulo da espádua.
- A comparação de diferentes medidas lineares obtidas pelo Método Clássico (MC) ou por Método Fotográfico (MF) é potencialmente afetado pelos erros inerentes de medição de cada método, que tendem a ser em maior número no MF. Ainda que a Percentagem de Erro seja inferior nas medições de maior dimensão, apenas a AGARR pode ser considerada pelos critérios aplicados como sendo suficientemente precisa quando estimada pelo MF. Registou-se ainda para algumas medidas lineares um número considerável de medições subestimadas ou sobrestimadas pelo MF, que devem ser tidas em consideração quando se escolhe um dos métodos. Concluimos assim que, caso não seja possível cumprir a padronização necessária para a aplicação do MF, é preferível a aplicação do MC mais moroso, mas mais fácil de aplicar, sugerindo ainda a utilização de uma escala de medição inferior a 0.5 cm.

IV – BIBLIOGRAFIA

- Abràmoff, M. D., Magalhães, P. J. & Ram, S. J. (2004). Image processing with ImageJ. *Biophotonics international*, 11, 36-42.
- Almeida, R. (2004). *Aspetos morfofuncionais do cavalo lusitano*. Tese de licenciatura em Produção Animal. Santarém: Escola Superior Agraria de Santarém.
- Altman, D.G. & Bland, J.M. (1983). Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *The Statistician*, 32, 307-317.
- American Museum of Natural History. The Evolution of Horses: meet the relatives acedido em Jul. 30, 2016 em: <http://www.amnh.org/exhibitions/horse/the-evolution-of-horses/meet-the-relatives>.
- American Museum of Natural History. *Perissodactyls: Equidae* acedido em Jul. 30, 2016 em: <http://research.amnh.org/paleontology/perissodactyl/evolution/groups/equidae>.
- Anderson, T. M., McIlwraith, C. W., & Douay, P. (2004). The role of conformation in musculoskeletal problems in the racing Thoroughbred. *Equine veterinary journal*, 36(7), 571-575.
- Anónimo (2005). *Campeões lusitanos – Memória histórica 1966-2003*. Lisboa: Edições Inapa.
- Anthony, D. W., & Brown, D. R. (1991). The origins of horseback riding. *Antiquity*, 65, 22-38.
- Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano (2010). *Regulamento do livro genealógico do cavalo da raça lusitana* acedido em Jul, 25, 2016 em http://www.cavalolusitano.com/ficheiros_artigos/Regulamento.pdf.
- Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano (2013). Encontro explicativo de critérios de julgamento da raça lusitana acedido em Jul. 25, 2016 em associacaolusitano.com.br/site/docto/Morfologia.pptx.
- Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano (2016a). *Catálogo'16*. Estoril: APSL.
- Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano (2016b). Regulamento do livro genealógico do cavalo da raça lusitana acedido em Fev, 2, 2017 em http://cavalolusitano.com/ficheiros_artigos/regulamento-raca-lusitana-versao-aprovada-2016-pt.pdf.
- Back, W., Schamhardt, H. C. & Barneveld, A. (1996). The influence of conformation on fore and hind limb kinematics of the trotting Dutch Warmblood horse. *Pferdeheilkunde*, 12(4), 647-650.
- Bailey, E. & Brooks, S. A. (2013). Equus em, E. Bailey & S. A. Brooks, *Horse genetics*. (2ª ed). (pp. 166-174). Wallingford: CABI publishing.
- Barrey, E., Desliens, F., Poirel, D., Biau, S., Lemaire, S., Rivero, J. L. & Langlois, B. (2002). Early evaluation of dressage ability in different breeds. *Equine Veterinary Journal*, 34(S34), 319-324.
- Baxter, G. M. (2011). Functional Anatomy of the Equine Musculoskeletal System em G. M. Baxter, *Manual of equine lameness*. (pp. 3-64). Iwoa: John Wiley & Sons.

- Bene, Sz., Kecskés, B. S., Polgár, J. P. & Szabó, F. (2014). különböző fajtájú lovak képelemző eljárással felvett testméretei és ízületi szögei 3. közlemény: eredmények egy hazai magyar sportló kancaállományban (body measurements and joint angles of horses from different breeds measured with photogrammetry method. 3rd paper: results of hungarian sport horse mares in one hungarian stud). *Állattenyésztés és takarmányozás*, 63(2), 97-109.
- Bland, J.M. & Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1, 307-310.
- Bland, J. M. & Altman, D. G. (1995). Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *The lancet*, 346, 1085-1087.
- Bowling, A. T. & Ruvinsky, A. (2000). Genetic Aspects of Domestication, Breeds and Their Origins em A.T. Bowling & A. Ruvinsky, *The genetics of the horse*. (pp.25-52) Wallingford: CABI publishing.
- Brooks, S. A., Makvandi-Nejad, S., Chu, E., Allen, J. J., Streeter, C., Gu, E., McCleery, B., Murphy, B. A., Bellone, R. & Sutter, N. B. (2010). Morphological variation in the horse: defining complex traits of body size and shape. *Animal genetics*, 41, 159-165.
- Budras, K., Sack, W.O., Röck, S., Horowitz, A. & Berg, R. (2009). *Anatomy of the Horse*. (5^a ed.). Hannover: Schlütersche.
- Cano, M. R., Vivo, J., Miró, F., Morales, J. L. & Galisteo, A. M. (2001). Kinematic characteristics of Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses: a comparative study. *Research in Veterinary Science*, 71(2), 147-153.
- Cervantes, I., Molina, A., Goyache, F., Gutierrez, J. P. & Valera, M. (2008). Population history and genetic variability in the Spanish Arab horse assessed via pedigree analysis. *Livest.Sci.*, 113, 24-33.
- Cervantes, I., Baumung, R., Molina, A., Druml, T., Gutiérrez, J. P., Sölkner, J. & Valera, M. (2009). Size and shape analysis of morphofunctional traits in the Spanish Arab horse. *Livestock Science*, 125, 43-49.
- Critchley, L. A. & Critchley, J. A. (1999). A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *Journal of clinical monitoring and computing*, 15, 85-91.
- Curik, I., Zechner, P., Sölkner, J., Achmann, R., Bodo, I., Dovc, P., Kavar, T., Marti, E. & Brem, G. (2003). Inbreeding, microsatellite heterozygosity, and morphological traits in Lipizzan horses. *J.Hered.*, 94, 125-132.
- Division of Agriculture - University of Arkansas. Horse Conformation Analysis acedido em Fev, 9, 2017 <http://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-3029.pdf>.
- Dolvik, N. I. & Klemetsdal, G. (1999). Conformational traits of Norwegian cold-blooded trotters: heritability and the relationship with performance. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.*, 49, 156-162.
- Druml, T., Baumung, R. & Sölkner, J. (2008). Morphological analysis and effect of selection for conformation in the Noriker draught horse population. *Livestock Science*, 115(2), 118-128.

- Druml, T., Dobretsberger, M. & Brem, G. (2015). The use of novel phenotyping methods for validation of equine conformation scoring results. *Animal*, 9, 928-937.
- Duensing, J., Stock, K. F. & Krieter, J. (2014). Implementation and prospects of linear profiling in the Warmblood horse. *Journal of equine veterinary science*, 34(3), 360-368.
- Food and Agriculture Organization, 1998. Secondary Guidelines for Development of National Farm Animal Genetic Resources Management Plans: Management of Small Populations at Risk. Rome: FAO.
- Farinha dos Santos, M. (1964). Vestígios de pinturas rupestres descobertas na Gruta do Escoural. *O Arqueólogo Português*, 5, 5-47.
- Federação Equestre Portuguesa (2015) *Relatório da Direção* acedido em Ago. 08, 2016 em: <https://www.fep.pt/Portals/0/Ficheiros/Federacao/Relat%C3%B3rio%202015.pdf?ver=2016-04-21-170251-963>.
- Fernández, G., Valera, M. & Molina, A. (1998). La valoración lineal en el caballo de Pura Raza Española [abstract]. *AYMA*. 38 (1): 7-10.
- Gama, L. T. (2002). *Melhoramento genético animal*. Lisboa: Escolar editora.
- Giavarina, D. (2015). Understanding bland altman analysis. *Biochemia medica*, 25(2), 141-151.
- Gómez, M. D., Valera, M., Cervantes, I., Vinuesa, M., Peña, F. & Molina, A. (2006a). Development of a linear type trait system for Spanish Purebred horses (preliminary analysis). Proc. of the 57th Ann. Meeting of the EAAP, Antalya: Turquia.
- Gómez, M. D., Cervantes, I., Gessa, J. A., Horcada, A., Molina, A. & Valera, M. (2006b). Factores extrínsecos que condicionan las evaluaciones de los jueces en los concursos morfofuncionales de caballos de Pura Raza Española. *Revesita IPEA*, 102(2), 203-214.
- Goodwin, D. (1999). The importance of ethology in understanding the behaviour of the horse. The role of the horse in Europe. *Equine Vet. J., Suppl.*, 28, 15-19.
- Goodwin, L. D. & Leech, N. L. (2006). Understanding correlation: Factors that affect the size of r. *The Journal of Experimental Education*, 74, 249-266.
- Gregory, B. (2014). Conformation in: D. R. Hodgson, K. H. McKeever & C. M. McGowan, *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. (2ª ed.). (pp 253-265). Saunders Elsevier.
- Hamann, H. & Distl, O. (2008). Genetic variability in Hanoverian warmblood horses using pedigree analysis. *J.Anim.Sci*, 86, 1503-1513.
- Hickman, C. P., Roberts, L. S., Keen, S. L., Larson, A., L'Anson, H. & Eisenhour, D. J. (2008). Mammals em *Integrated principles of zoology*. (14ª ed.). (pp. 612-643). New York: McGraw-Hill.
- Hill, E. W., Ducro, B. J., van Weeren, P. R., Barneveld, A. & Back, W. (2013). Genetic contributions to exercise and athletic performance em W. Back & H.M. Clayton, *Equine Locomotion*. (2º ed.). (pp. 245-266). Saunders Elsevier.

- Holmström, M., Magnusson, L. E. & Philipsson, J. (1990). Variation in conformation of Swedish Warmblood horses and conformational characteristics of elite sport horses. *Equine Veterinary Journal*, 22, 186-193.
- Holmström, M. & Philipsson, J. (1993). Relationships between conformation, performance and health in 4-year-old Swedish Warmblood Riding Horses. *Livestock Production Science*, 33, 293-312.
- Holmström, M. & Back, W. (2013). The effects of conformation em W. Back & H.M. Clayton, *Equine Locomotion*. (2^a ed.). (pp. 229-244). London: Saunders Elsevier.
- Hunt, W. F., Thomas, V. G. & Stiefel, W. (1999). Analysis of video-recorded images to determine linear and angular dimensions in the growing horse. *Equine veterinary journal*, 31, 402-410.
- Instituto Nacional de Estatística (2009). *Recenseamento Agrícola 2009 - Análise dos principais resultados*. Lisboa: INE.
- Jansen, T., Forster, P., Levine, M. A., Oelke, H., Hurles, M., Renfrew, C., Weber, J. & Olek, K. (2002). Mitochondrial DNA and the origins of the domestic horse. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 10905-10910.
- Kampman, I. (2012). *The KWPN horse: selecting for performance*. Eindhoven: KWPN.
- Koenen, E. P. C., Van Veldhuizen, A. E. & Brascamp, E. W. (1995). Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livestock Production Science*, 43(1), 85-94.
- Koenen, E. P. C., Aldridge, L. I. & Philipsson, J. (2004). An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science*, 88(1), 77-84.
- Komosa, M. & Purzyc, H. (2009). Konik and Hucul horses: A comparative study of exterior measurements. *J. Anim. Sci.*, 87, 2245-2254.
- Komosa, M., Frąckowiak, H., Purzyc, H., Wojnowska, M., Gramacki, A. & Gramacki, J. (2013). Differences in exterior conformation between primitive, Half-bred, and Thoroughbred horses: anatomic-breeding approach. *J. Anim. Sci.*, 91, 1660-1668.
- Kristjansson, T., Bjornsdottir, S., Sigurdsson, A., Crevier-Denoix, N., Pourcelot, P. & Arnason, T. (2013). Objective quantification of conformation of the Icelandic horse based on 3-D video morphometric measurements. *Livestock Science*, 158(1), 12-23.
- Kristjansson, T., Bjornsdottir, S., Albertsdóttir, E., Sigurdsson, A., Pourcelot, P., Crevier-Denoix, N. & Arnason, T. (2016). Association of conformation and riding ability in Icelandic horses. *Livestock Science*, 189, 91-101.
- Langlois, B., Froidevaux, J., Lamarche, L., Legault, C., Legault, P., Tassencourt, L. & Theret, M. (1978). Analyse des liaisons entre la morphologie et l'aptitude au galop au trot et au saut d'obstacles chez le Cheval. *Annales de génétique et de sélection animale*, 10(3), 443-474.
- Lopes, M. S., Mendonça, D., Cymbron, T., Valera, M., Costa-Ferreira, D., & Câmara Machado, A. (2005). The Lusitano horse maternal lineage based on mitochondrial D-loop sequence variation. *Animal genetics*, 36(3), 196-202.

- Ludbrook, J. (2002). Statistical techniques for comparing measurers and methods of measurement: a critical review. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 29, 527-536.
- MacFadden, B. J. (1986). Fossil horses from "Eohippus" (*Hyracotherium*) to Equus: scaling, Cope's Law, and the evolution of body size. *Paleobiology*, 12, 355-369.
- MacFadden, B. J. (2005). Fossil horses – evidence for evolution. *Science*, 307, 1728-1730.
- Mawdsley, A., Kelly, E. P., Smith, F. H. & Brophy, P. O. (1996). Linear assessment of the Thoroughbred horse: an approach to conformation evaluation. *Equine veterinary journal*, 28(6), 461-467.
- Magnusson, L. E. & Thafvelin, B. (1990). Studies on the conformation and related traits of Standardbred trotters in Sweden. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 107, 135-148.
- McGreevy, P. (2004). Introduction em *Equine Behavior. A Guide for Veterinarians and Equine Scientists*. (2ª ed). (pp. 1-36). Saunders Elsevier.
- McIlwraith, C. W., Anderson, T. M., & Sanschi, E. M. (2003). Conformation and musculoskeletal problems in the racehorse. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 2, 339-347.
- Meneses, A. C. A., Costa, M. D., Maruch, S., Moreira, P. R. & Neto, T. M. (2014). Medidas lineares e angulares de animais da raça Quarto de Milha utilizados em uma prova de vaquejada. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 21(4), 256-261.
- Minho, S. C. A. (2015). *Análise morfológica e genealógica dos cavalos da raça puro-sangue lusitano participantes em provas internacionais de ensino ("dressage")*. Dissertação de mestrado. Lisboa: Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
- Monteiro, J. (1983). O cavalo lusitano: contributo para o seu estudo. *Boletim Pecuário*. Ano XLIX: 3-205.
- Mota, M. D. S., Almeida Prado, R. S. & Sobreiro, J. (2006). Characterization of the Mangalarga horse population in Brazil. *Arch.Zootec.*, 55, 31-37.
- Oakenfull, E. A., Lim, H. N., & Ryder, O. A. (2000). A survey of equid mitochondrial DNA: Implications for the evolution, genetic diversity and conservation of Equus. *Conservation Genetics*, 1, 341-355.
- Oom, M. M. & Ferreira, J. C. (1987). Estudo biométrico do cavalo Alter. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 83(482), 101-148.
- Oom, M. D. M. J. F. (1992). *O cavalo Lusitano: Uma raça em recuperação*. Dissertação de doutoramento. Lisboa: Faculdade de Ciências - Universidade de Lisboa.
- Orlando, L. (2015). Equids. *Current Biology*, 25, R973-R978.
- Outram, A. K., Stear, N. A., Bendrey, R., Olsen, S., Kasparov, A., Zaibert, V., Thorpe, N. & Evershed, R. P. (2009). The earliest horse harnessing and milking. *Science*, 323, 1332-1335.

- Pallottino, F., Steri, R., Menesatti, P., Antonucci, F., Costa, C., Figorilli, S. & Catillo, G. (2015). Comparison between manual and stereovision body traits measurements of Lipizzan horses. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 408-413.
- Pfau, T., Witte, T. H. & Wilson, A. M. (2005). A method for deriving displacement data during cyclical movement using an inertial sensor. *Journal of Experimental Biology*, 208, 2503-2514.
- Pinto, L. F. B., Almeida, F. Q., Quirino, C. R., de Azevedo, P. C. N., Cabral, G. C., Santos, E. M. & Corassa, A. (2008). Evaluation of the sexual dimorphism in Mangalarga Marchador horses using discriminant analysis. *Livestock Science*, 119(1), 161-166.
- Purzyc, H., Kobryńczuk, F. & Bojarski, J. (2011). Sexual dimorphism in Hucul horses using discriminant analysis. *Animal*, 5(4), 506-511.
- Ricard, A., Brums, E. & Cunningham, E. P. (2000). Genetics of performance traits em A. T. Bowling & A. Ruvinsky, *The Genetics of the Horse*. (pp. 411-438). Wallingford: CABI Publishing.
- Rossdale, P. D. & Butterfield, R. M. (2006). Conformation: a step along the pathway to objective assessment. *Equine Veterinary Journal*, 38, 588-590.
- Ross, M. W. & McIlwraith C. W. (2011). Conformation and Lameness em M. W. Ross & S. J. Dyson, *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse* (2ª ed.). (pp. 15-32). Saunders Elsevier.
- Saastamoinen, M. T. & Barrey, E. (2000). Genetics of conformation, locomotion and physiological traits em A.T. Bowling & A. Ruvinsky, *The genetics of the horse*. (pp. 439-472) Wallingford: CABI publishing.
- Sadek, M. H., Al-Aboud, A. Z. & Ashmawy, A. A. (2006). Factor analysis of body measurements in Arabian horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 123, 369-377.
- Samoré, A. B., Pagnacco, G. & Miglior, F. (1997). Genetic parameters and breeding values for linear type traits in the Haflinger horse. *Livestock Production Science*, 52(2), 105-111.
- Sánchez, M. J., Gómez, M. D., Molina, A. & Valera, M. (2013). Genetic analyses for linear conformation traits in Pura Raza Español horses. *Livestock Science*, 157(1), 57-64.
- Sánchez-Guerrero, M. J., Molina, A., Gómez, M. D., Peña, F. & Valera, M. (2016). Relationship between morphology and performance: Signature of mass-selection in Pura Raza Español horse. *Livestock Science*, 185, 148-155.
- Santos, R. I. D. G. (2008). *Caracterización genética de la aptitud deportiva del caballo pura sangre lusitano a partir de variables biocinemáticas al trote*. Tesis Doctoral. Córdoba: Facultad de Veterinaria Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas - Universidad de Córdoba.
- Soares, M. A. (1988). *Praticas de selecção na raça lusitana*. Trabalho de fim de curso. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa.
- Solé, M., Gómez, M. D., Molina, A., Peña, F. & Valera, M. (2013a). Analyses of conformational performance differentiation among functional breeding goals in the Menorca horse breed. *Arch. Tierz*, 37, 367-379.

- Solé, M., Santos, R., Gómez, M. D., Galisteo, A. M. & Valera, M. (2013b). Evaluation of conformation against traits associated with dressage ability in unriden Iberian horses at the trot. *Research in veterinary science*, 95(2), 660-666.
- Stock, K. F. (2013). Linear profiling in the Warmblood horse - review & preview. WBFSH general assembly 2013, Varsóvia: Polónia.
- Suontama, M., Saastamoinen, M. T. & Ojala, M. (2009). Estimates of non-genetic effects and genetic parameters for body measures and subjectively scored traits in Finnhorse trotters. *Livestock Science*, 124, 205-209.
- Suontama, M., van der Werf, J. H. J., Juga, J. & Ojala, M. (2013). Genetic correlations for foal and studbook traits with racing traits and implications for selection strategies in the Finnhorse and Standardbred trotter. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 130(3), 178-189.
- Strom, H. & Philipsson, J. (1978). Relative importance of performance tests in horse breeding. *Livest. Prod. Sci.* 5, 303-312.
- Teegen, R., Edel, C. & Thaller, G. (2009). Population structure of the Trakehner Horsebreed. *Animal*, 3, 6-15.
- The IUCN Red List of Threatened Species (2016). Search:Equus acedido em Fev. 1, 2017 em: <http://www.iucnredlist.org/search>.
- Thomas, H. S. (2005). *The horse conformation handbook*. North Adams: Storey publishing.
- Valera, M. Molina, A., Gutierrez, J. P., Gomez, J. & Goyache, F. (2005a). Pedigree analysis in the Andalusian horse: population structure, genetic variability and influence of the Carthusian strain. *Livest. Prod. Sci.*, 95, 57-66.
- Valera, M., Gessa, J. A., Gómez, M. D., Horcada, A., Medina, C., Cervantes, I., Goyache, F. & Molina, A. (2005b). Preliminary analysis of the Morphofunctional evaluation in horse-show of the Spanish Purebred (Andalusian) horse. 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Uppsala: Special.
- van Weeren, P. R. & Crevier-Denoix, N. (2006). Equine conformation: clues to performance and soundness?. *Equine veterinary journal*, 38, 591-596.
- van Weeren, P.R. (2013). History em W. Back & H.M. Clayton, Equine Locomotion. (2ª ed.). (pp. 229-244). London: Saunders Elsevier.
- Vicente, A., Carolino, N. & Gama, L. (2011). *Dispersão mundial do cavalo lusitano e sua demografia* acedido em Fev. 14, 2017 em: http://www.cavalo-lusitano.com/ficheiros_artigos/dispersao-mundial-cavalo-lusitano-e-sua-demografia-antonio-vicente.pdf.
- Vicente, A. P. A. (2014). *Characterization and selection of the lusitano horse breed*. Dissertação de doutoramento em ciências veterinárias, especialidade de produção animal. Lisboa: Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade de Lisboa.
- Vicente, A., Carolino, N. & Gama, L. T. (2015a, Junho/Julho). Caracterização demográfica do cavalo lusitano (1ª parte). *Equitação*, 114, 32-38.

- Vicente, A., Carolino, N. & Gama, L. T. (2015b). Caracterização demográfica do cavalo lusitano (2ª parte). *Equitação*, 115, 32-38.
- Vilà, C., Leonard, J. A., Götherström, A., Marklund, S., Sandberg, K., Lidén, K., Wayne, R. K. & Ellegren, H. (2001). Widespread origins of domestic horse lineages. *Science*, 291, 474-477.
- Veerkamp, R. F., Gerritsen, C. L. M., Koenen, E. P. C., Hamoen, A. & De Jong, G. (2002). Evaluation of classifiers that score linear type traits and body condition score using common sires. *Journal of dairy science*, 85(4), 976-983.
- Wardrobe, J. (2005a, Julho/Agosto). Built To Do The Job – Dressage. *The Canadian Horse Journal*, 30-32.
- Wardrobe, J. (2005b, Setembro/Outubro). Built To Do The Job – Show Jumping. *The Canadian Horse Journal*, 30-33
- Weller, R., Pfau, T., Babbage, D., Brittin, E., May, S. A. & Wilson, A. M. (2006a). Reliability of conformational measurements in the horse using a three-dimensional motion analysis system. *Equine veterinary journal*, 38(7), 610-615.
- Weller, R., Pfau, T., Verheyen, K., May, S. A., & Wilson, A. M. (2006b). The effect of conformation on orthopaedic health and performance in a cohort of National Hunt racehorses: preliminary results. *Equine veterinary journal*, 38(7), 622-627.
- Weller, R., Pfau, T., May, S. A. & Wilson, A. M. (2006c). Variation in conformation in a cohort of National Hunt racehorses. *Equine veterinary journal*, 38(7), 616-621.
- Zechner, P., Zohman, F., Sölkner, J., Bodo, I., Habe, F., Marti, E. & Brem, G. (2001). Morphological description of the Lipizzan horse population. *Livest. Prod. Sci.*, 69, 163-177.
- Zechner, P., Sflkner, J., Bodo, I., Druml, T., Baumung, R., Achmann, R., Marti, E., Habe, F. & Brem, G. (2002). Analysis of diversity and population structure in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. *Livest. Prod. Sci.*, 77, 137-146.

V – ANEXOS

Anexo 1 – Resumo da comunicação em painel realizada X Congresso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animais de 15 a 17 de Setembro de 2016 em Castelo Branco

ANÁLISE DA CONFORMAÇÃO NO CAVALO PURO SANGUE LUSITANO: ÂNGULOS

Santana A.¹ e Gama L.T.^{1,2}

¹ Faculdade de Medicina Veterinária. Av. Universidade Técnica, 1300-477 Lisboa, PORTUGAL.

² CIISA - Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal. Faculdade de Medicina Veterinária. Av. Universidade Técnica, 1300-477 Lisboa, PORTUGAL.

Palavras-chave: Medições, Fotografia, Morfologia

O cavalo Lusitano é uma raça que tem vindo a demonstrar ao longo dos anos a sua versatilidade, comprovada pelos seus resultados em disciplinas equestres tão dispares como Saltos de Obstáculos, Equitação de Trabalho, Tauromaquia, Atrelagem e *Dressage*. Ao avaliar o potencial atlético de um cavalo e também a possibilidade de futuras lesões, um dos aspetos a ter em conta são as dimensões e ângulos corporais. Estes são importantes para a qualidade dos andamentos, velocidade, saúde, longevidade e funcionalidade.

Com este trabalho pretendeu-se determinar os ângulos da espádua, braço, ombro, quartela do membro anterior, garupa e curvilhão, estimados a partir da fotografia do lado esquerdo de 50 animais, com posterior tratamento de imagem através do programa ImageJ. O grupo de animais era constituído por 38 machos e 12 fêmeas com origens diferentes, sendo a coudelaria de Alter Real a mais representada (40 animais). Os valores médios±desvio padrão para o ângulo da espádua, braço, ombro, quartela do membro anterior, garupa e curvilhão foram respetivamente $53.91\pm 2.93^\circ$, $27.14\pm 3.95^\circ$, $81.05\pm 3.84^\circ$, $55.27\pm 3.39^\circ$, $20.15\pm 4.01^\circ$ e $141.99\pm 3.40^\circ$. As distribuições de todas as variáveis não se desviaram significativamente da distribuição normal. No que diz respeito ao dimorfismo sexual apenas no ângulo da espádua e da garupa não se observaram diferenças significativas e em relação à origem apenas o ângulo do curvilhão e da garupa diferiram entre coudelarias ($p<0.05$). Estudou-se também a correlação entre os diferentes ângulos, observando-se várias correlações significativas, sendo a maior entre o ângulo do ombro e o ângulo do braço ($r = 0.72$). No futuro, pretende-se estudar a existência de associações entre as medidas biométricas e o desempenho funcional do cavalo Lusitano, de forma a encontrar indicadores precoces do potencial do animal, que possam ser utilizados no programa de seleção da raça.

Anexo 2 – Comunicação em painel realizada no X Congresso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animais de 15 a 17 de Setembro de 2016 em Castelo Branco

ANÁLISE DA CONFORMAÇÃO NO CAVALO PURO SANGUE LUSITANO: ÂNGULOS



Santana A.¹ e Gama L.T.²

¹ Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
² CIISA Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

santandrel2@hotmail.com



Introdução

- ❖ A conformação é considerada um indicador da capacidade atlética, nível de performance e resistência à doença ortopédica.
- ❖ Avaliação da conformação é normalmente um dos primeiros critérios de seleção.
- ❖ Certas características da conformação podem ser consideradas favoráveis ou indesejáveis, dependendo da disciplina equestre ou Raça. No caso particular dos ângulos, estes influenciam a qualidade dos andamentos, velocidade, saúde, longevidade e funcionalidade.
- ❖ O cavalo Lusitano é uma raça que tem vindo a demonstrar ao longo dos anos a sua versatilidade, comprovada pelos seus resultados em disciplinas equestres tão díspares como salto de obstáculos, equitação de trabalho, tauromaquia, atrelagem e dressage.



Objetivo

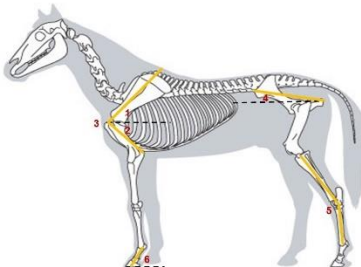
Estimar os principais ângulos anatómicos em cavalos da raça Puro Sangue Lusitano, estudando a ocorrência de dimorfismo sexual, e o efeito da idade e coudelaria de origem, assim como a correlação existente entre os diversos ângulos.

Material e Métodos

- A amostra era constituído por 50 cavalos Puro Sangue Lusitano, com a seguinte distribuição:
 - 38 machos e 12 fêmeas;
 - 40 animais originários da coudelaria Alter Real e 10 de outras origens;
 - Idade compreendida entre os 4 e 30 anos (11.56 ± 7.87 anos).
- Os animais foram fotografados em posição standard, após colocação no lado esquerdo de cada animal de adesivos indicadores das principais referências anatómicas.
- Os ângulos foram obtidos por tratamento de imagem das fotografias, com o software ImageJ.

Os ângulos medidos foram:

- (1) Espádua;
- (2) Braço;
- (3) Ombro;
- (4) Garupa;
- (5) Curvilhão;
- (6) Quartela.



Ângulos 1, 2, 4 e 6 medidos em relação à horizontal.
 Ângulo 3 obtido pela soma de 1 e 2.

Resultados

Ângulo	N	\bar{x} (°)	s (°)	CV (%)	Min.	Máx.
Ombro	50	81.05	3.84	4.74	71.21	88.63
Espádua	50	53.92	2.93	5.44	47.32	61.58
Braço	50	27.14	3.95	14.57	19.89	35.27
Quartela	38	55.27	3.39	6.12	47.80	60.23
Garupa	42	20.15	4.01	19.92	11.41	32.64
Curvilhão	35	141.99	3.40	2.39	132.93	150.85

Estatísticas descritivas

A distribuição das diferentes variáveis não se afastou significativamente da curva de distribuição normal.

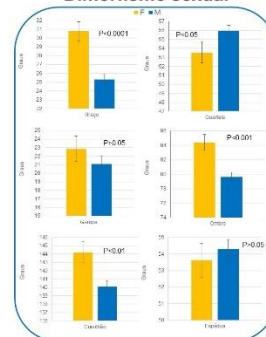
Efeito da idade

- Relação negativa com o ângulo da quartela de -0.164 %/Ano ($P < 0.01$).

Efeito da Origem

- Efeito significativo no ângulo da garupa e do curvilhão.
- Cavalos Alter Real apresentaram valores superiores no curvilhão e inferiores na garupa.

Dimorfismo sexual

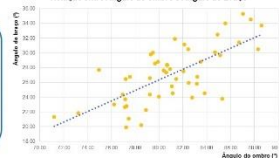


Relação entre os diversos ângulos

Coefficientes de correlação de Pearson

	Curvilhão	Ombro	Espádua	Braço	Garupa
Quartela	-0.47*	-0.34*	0.09	-0.39*	-0.21
Curvilhão		0.35*	0.35*	0.06	0.27
Ombro			0.34*	0.72***	0.18
Espádua				-0.41**	0.23
Braço					0.00

Relação entre Ângulo do ombro e Ângulo do Braço



Conclusões

- ✓ O ângulo da quartela (6) e o ângulo da espádua (1) apresentam um valor próximo, que corresponde ao objectivo de uma boa conformação do membro anterior.
- ✓ Os cavalos de origem Alter Real apresentam o ângulo do curvilhão (5) mais aberto e garupas mais planas.
- ✓ Não se registou dimorfismo sexual no ângulo da garupa (4) e espádua (1). Os ângulos foram superiores ($P < 0.05$) nas fêmeas para o curvilhão (5), braço (2) e ombro (3) e nos machos para a quartela (6).
- ✓ Para a amplitude de idades estudada, o ângulo da quartela (6) foi o único que evidenciou alterações com a idade.
- ✓ Observou-se uma correlação negativa do ângulo da quartela com os ângulos do curvilhão (5), ombro (3) e braço (2).
- ✓ O ângulo do ombro (3) é mais influenciado pelo ângulo do braço (2) do que pelo ângulo da espádua (1).

No futuro pretende estudar-se, numa amostra mais alargada, a existência de associações entre as medidas biométricas e o desempenho funcional do cavalo Lusitano, de forma a encontrar indicadores precoces do potencial do animal, que possam ser utilizados no programa de seleção da raça.

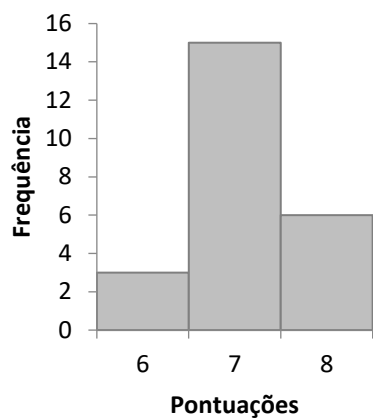
Anexo 3 – Modelo da folha de registo utilizado na recolha de dados pelo Método Clássico

Folha de registo

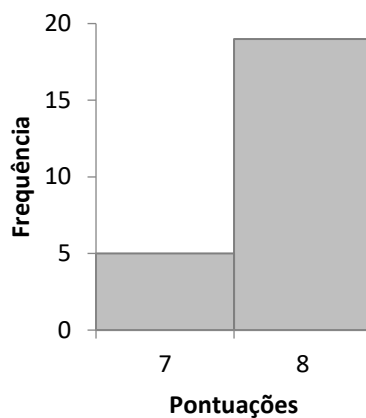
Cavalo								
Cabeça		CCAB						
		LCAB						
		ECAB						
Pescoço		CPES						
		PEPES						
Peito		LPEI						
Garrote		AGARR						
Corpo		CCOR						
Tórax		PETOR						
Vazio subesternal		AVAZ						
Dorso		ADOR						
Garupa		AGAR						
		CGAR						
		LGAR						
		PFGAR						
		S-PN						
Cauda		ACAU						
MA	Espádua	CESP						
	Codilho	ACOD						
	Braço	CBRA						
	Antebraço	CANT						
		PEANT						
	Joelho	PEJOE						
	Canela	CCAN						
		PECAN						
	Boleto	ABOL						
		PEBOL						
MP	Curvilhão	ACUR						
		PECUR						

Anexo 4 – Histogramas dos itens de classificação morfológicos

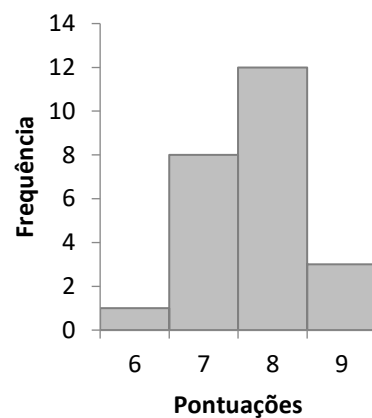
Cabeça e Pescoço



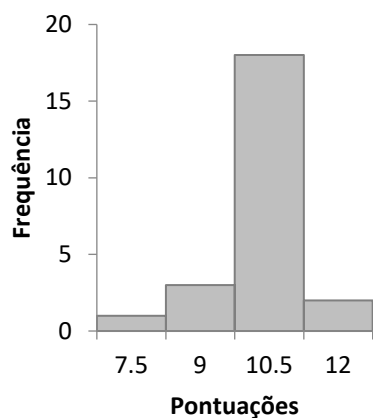
Espádua e Garrote



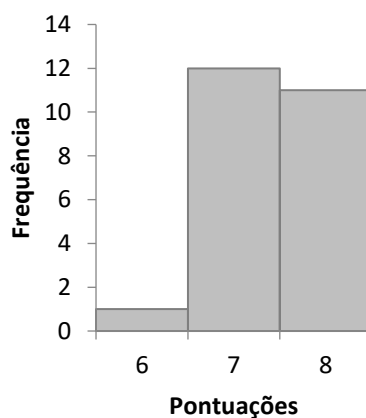
Peito e Costado



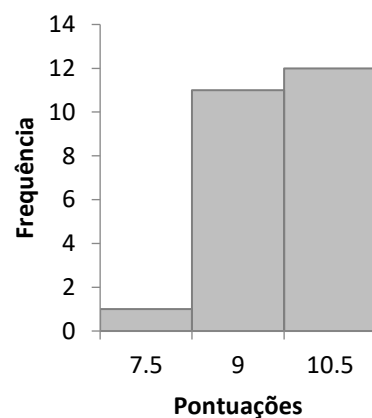
Dorso e Rim



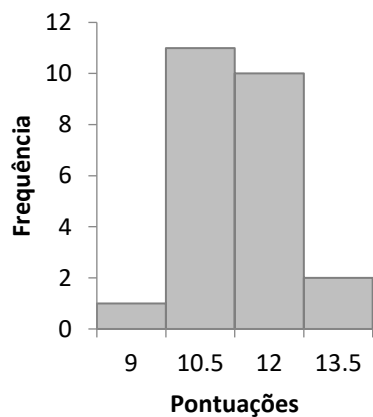
Garupa



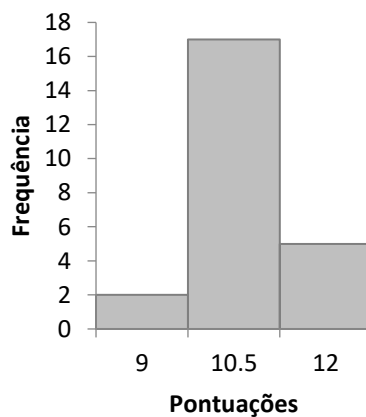
Membros



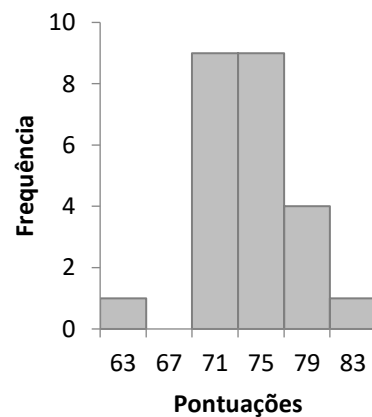
Andamentos



Conjunto de formas



Pontuação Total



Anexo 5 – Efeito da idade, género e origem nos itens de classificação morfológicos.

Itens de classificação morfológicos	Idade			Gênero				Origem			
	Coef. reg.	EPM	<i>p-value</i>		Média	EPM	<i>p-value</i>		Média	EPM	<i>p-value</i>
Cabeça e Pescoço	0.016	0.018	0.38	F	7.52	0.29	0.15	Alter	7.07	0.13	0.32
				M	7.11	0.26		Outro	7.57	0.46	
Espádua e Garrote	0.005	0.013	0.72	F	8.01	0.21	0.32	Alter	7.76	0.09	0.39
				M	7.81	0.18		Outro	8.06	0.32	
Peitoral e Costado	0.016	0.023	0.48	F	7.94	0.36	0.12	Alter	7.69	0.16	0.93
				M	7.39	0.32		Outro	7.64	0.58	
Dorso e Rim	-0.011	0.029	0.71	F	10.56	0.47	0.70	Alter	10.27	0.21	0.61
				M	10.39	0.41		Outro	10.68	0.74	
Garupa	-0.003	0.018	0.89	F	7.24	0.29	0.98	Alter	7.45	0.13	0.40
				M	7.24	0.26		Outro	7.02	0.47	
Membros	0.048	0.026	0.08	F	9.89	0.41	0.20	Alter	9.67	0.19	0.92
				M	9.38	0.36		Outro	9.60	0.66	
Conjunto de Formas	0.037	0.023	0.12	F	11.01	0.36	0.03	Alter	10.66	0.16	0.90
				M	10.23	0.31		Outro	10.58	0.57	
Andamentos	0.047	0.029	0.12	F	11.56	0.46	0.01	Alter	11.32	0.21	0.41
				M	10.43	0.40		Outro	10.67	0.73	
Pontuação Total	0.154	0.103	0.15	F	73.74	1.64	0.02	Alter	71.89	0.74	0.98
				M	69.98	1.44		Outro	71.83	2.31	

Coef. reg. – Coeficiente de regressão; EPM – Erro Padrão da Média

Anexo 6 – Estatística descritiva das medidas lineares obtidas pelo Método Clássico para os cavalos utilizados na comparação de métodos de medição

Medida ^a	\bar{x} (cm)	s (cm)
AGARR	160.59	4.14
CCOR	161.94	4.48
AVAZ	83.63	3.24
APEI	76.96	3.03
ADOR	151.46	4.10
AGARU	159.23	3.92
CGAR	53.32	1.77
PFGAR	50.91	1.92
S_PN	52.63	2.26
CESP	67.45	1.87
ACOD	94.31	2.89
CBRA	40.64	1.70
CANT	43.46	1.84
AJOE	50.85	2.07
CCAN	20.42	1.13
ABOL	19.09	1.86
ACUR	60.81	2.32

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas

Anexo 7 – Limites de Concordância das medidas lineares.

Medida ^a	Limites de Concordância	
	Limite Inferior (cm)	Limite Superior (cm)
AGARR	-6.26	7.42
CCOR	-14.33	8.43
AVAZ	-3.64	5.61
APEI	-6.08	5.28
ADOR	-5.78	8.04
AGARU	-5.94	8.33
CGAR	-5.70	8.39
PFGAR	-5.75	2.51
S_PN	-5.28	6.19
CESP	-4.65	6.68
ACOD	-0.97	10.50
CBRA	-2.81	3.31
CANT	-2.91	5.28
AJOE	-1.02	8.18
CCAN	-1.20	3.60
ABOL	-1.86	2.69
ACUR	-2.75	8.14

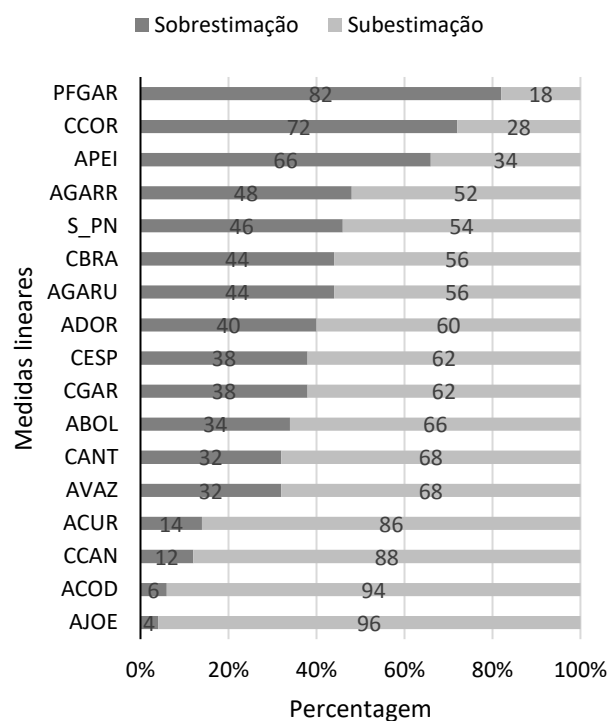
^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas

Anexo 8 – Coeficientes de correlação das distribuições dos diagramas de Bland e Altman.

Medida ^a	Coeficiente de Correlação
AGARR	-0.28
CCOR	-0.55
AVAZ	-0.29
APEI	0.09
ADOR	-0.35
AGARU	-0.40
CGAR	-0.63
PFGAR	-0.25
S_PN	-0.43
CESP	-0.39
ACOD	-0.39
CBRA	-0.25
CANT	-0.22
AJOE	-0.19
CCAN	0.06
ABOL	0.31
ACUR	-0.54

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas

Anexo 9 – Percentagem de sobrestimação e subestimação para cada medida linear. (Ver Tabela 8 para definição de abreviaturas)



Anexo 10 – Intervalos de confiança para \bar{d} de cada medida linear.

Medida ^a	Intervalo de Confiança	
	Limite Inferior (cm)	Limite Superior (cm)
AGARR	-0.38	1.54
CCOR	-4.55	-1.36
AVAZ	0.33	1.63
APEI	-1.20	0.39
ADOR	0.16	2.10
AGARU	0.20	2.20
CGAR	0.36	2.33
PFGAR	-2.20	-1.04
S_PN	-0.35	1.26
CESP	0.22	1.81
ACOD	3.96	5.57
CBRA	-0.18	0.68
CANT	0.61	1.76
AJOE	2.94	4.23
CCAN	0.86	1.54
ABOL	0.10	0.73
ACUR	1.93	3.46

^a V. Tabela 8 para definição de abreviaturas